

# ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ISSN 2542-0151  
eISSN 2782-2109

№ 4 Т. 13  
2023

## 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. 13, № 4

САМАРА  
2023

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

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

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

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

**Редакционная коллегия:**

А.Г. АВЕРКИН, д.т.н., профессор (Пенза)

В.И. АНДРЕЕВ, д.т.н., профессор (Москва)

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

С.М. АНПИЛОВ, д.т.н., доцент (Новосибирск)

Е.А. АХМЕДОВА, д. арх., профессор

М.В. БОДРОВ, д.т.н., доцент (Н. Новгород)

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

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

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

В.П. ГЕНЕРАЛОВ, к. арх., профессор

А.И. ДАНИЛУШКИН, д.т.н., профессор

А.И. ЕРЁМКИН, д.т.н., профессор (Пенза)

В.Н. ЗЕНЦОВ, д.т.н., профессор (Уфа)

Т.В. КАРАКОВА, д. арх., профессор

А.А. КУДИНОВ, д.т.н., профессор

Н.Д. ПОТИЕНКО, к. арх., доцент

А.А. ПРОКОПОВИЧ, д.т.н., доцент

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

С.В. СТЕПАНОВ, д.т.н., доцент

К.Л. ЧЕРТЕС, д.т.н., профессор

Н.Г. ЧУМАЧЕНКО, д.т.н., профессор

В.А. ШАБАНОВ, к.т.н., профессор

Д.А. ШЛЯХИН, д.т.н., доцент

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

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

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

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

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

А. МОЧКО, 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**

A.G. AVERKIN, D. Eng., Prof. (Penza)

V.I. ANDREEV, D. Eng., Prof. (Moscow)

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

S.M. ANPILOV, D. Eng., Prof. (Novosibirsk)

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

M.V. BODROV, D. Eng., Prof. (Nizhny Novgorod)

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

A.L. VASILIEV, D. Eng., Prof. (Nizhny Novgorod)

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

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

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

A.I. EREMKIN, D. Eng., Prof. (Penza)

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

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

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

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

A.A. PROKOPOVICH, D. Eng., Associate Professor

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

S.V. STEPANOV, D. Eng., Associate Professor

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

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

V.A. SHABANOV, D. Eng., Prof.

D.A. SHLYKHIN, D. Eng., Associate Professor

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

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

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

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

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

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

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

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

D. SAFARIK (Chicago, the USA)

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

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

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

Журнал индексируется в системе РИНЦ

Каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

Подписной индекс в каталоге агентства «Урал-Пресс»: 70570

**Научное издание**

Редактор Г.Ф. Коноплина

Корректор М.В. Веселова

Дизайн обложки: А. П. Раков

Подписано в печать 25.12.2023 г. Выпуск в свет 29.12.2023 г.

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

Печ. л. 22,75. Тираж 300 экз. Заказ № 2093

Адрес издателя: 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

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

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

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

Отпечатано в типографии ООО «Слово»:

443070, г. Самара, ул. Песчаная, 1; тел. (846) 244-43-77

## Содержание

### СТРОИТЕЛЬСТВО

#### ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- 4 **Бутко Д.А.** Теоретические аспекты схем обработки осадка
- 11 **Брюхов М.Н., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М., Денисов С.Е.** Роль природных сорбентов и отходов трубного производства в очистке кислых железосодержащих сточных вод
- 20 **Гогина Е.С., Гульшин И.А., Спасибо Е.В.** Эффективность удаления биогенных элементов в сооружении циркуляционного типа
- 28 **Стрелков А.К., Шувалов М.В., Теплых С.Ю., Абашкин А.А., Павлухин А.А.** Обработка, моделирование, прогнозирование отдельных показателей поверхностных сточных вод для выпусков исторической части города Самары

- 38 **Теплых С.Ю., Котовская Е.Е.** Обоснование технологии обработки промывных вод водоприемных очистных сооружений с последующим возвратом в технологический цикл

#### ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

- 49 **Попов А.И., Еремин А.В., Кечин Н.Н.** Исследование теплопереноса в канале с оребрением на основе трижды периодической минимальной поверхности
- 57 **Шейн В.М., Кривошеев В.Е., Никитин А.А.** Методика расчёта эффективности излучения плоского излучателя на плоскость пола с учётом влияния угловых коэффициентов

#### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

- 64 **Баландина О.А.** Определение конструктивных особенностей устройства для нейтрализации токсичных компонентов дымовых газов
- 69 **Галицкова Ю.М.** Исследование качественных свойств грунтов при проведении строительных работ
- 76 **Саулова Т.А., Бас В.И.** Эстетический аспект интеграции устройств для предупреждения снегонакопления на кровлях зданий в современный урбанистический пейзаж

### АРХИТЕКТУРА

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

- 83 **Гранстрем М.А.** Начальные этапы освоения южной береговой линии острова Котлин

- 90 **Золотарева М.В., Пономарев А.В.** Адаптивная архитектура и новые подходы к организации средовых элементов

- 99 **Косенкова Н.А., Казакова Ю.Н.** Современные тенденции проектирования туристско-рекреационных комплексов

- 106 **Лисицына А.В.** Малые и средние города Нижегородского Поволжья: в поисках утраченной гармонии. Часть 1

- 115 **Malakhov S.A., Alsayed Ahmad M.T.** The concept of a new residential typology based on the principle of flexibility

- 120 **Славина Т.А.** Бесчертежное проектирование (русское Средневековье)

#### АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 126 **Генералов В.П., Генералова Е.М.** Типы жилых зданий и их влияние на класс жилья и на формирование комфортной городской жилой среды

- 139 **Енютина Е.Д.** Интерактивные арт-объекты как системы аттракторов городской среды

- 145 **Кузнецова А.А.** Выявление особенностей международных систем среднего образования и их влияние на архитектуру зданий образовательных организаций (на примере Индии)

- 156 **Маренков К.А.** Современные технологические подходы в области архитектурной организации научно-образовательных центров

- 160 **Пестрякова Э.Р.** Научные и практические предложения в области архитектурной организации жилых зданий социального назначения в городах Донбасса

- 166 **Радионов Т.В.** Практические основы и методология архитектурно-градостроительного совершенствования и развития объектов городской застройки в условиях реконструкции

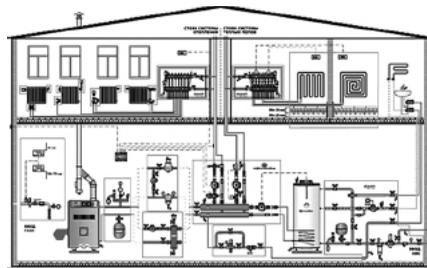
- 171 **Раков А.П., Танкеев П.В.** Проблематика проектной деятельности в экстремальных и космических средах

- 177 **Ратиева Ю.С., Рогатина Ю.В.** «Формы свободного выбора» и роль дизайнера в современном проектировании

#### ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- 183 **Сухинина Е.А.** Значимость архитектурных, технологических и экологических аспектов в системах экологической сертификации зданий

- 193 **Kashiripoor M.M.** Creative solution concept for urban structure sustainability development (for example: architecture and planning structure of Iranian small cities)



УДК 628.16

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.01

Д. А. БУТКО

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СХЕМ ОБРАБОТКИ ОСАДКА

#### THEORETICAL ASPECTS OF SLUDGE TREATMENT SCHEMES

Рассмотрены этапы жизненного цикла сбросных вод отстойников и сооружений обработки промывных вод скорых фильтров: образование, уплотнение, обезвоживание и утилизация. Сформирована модель обработки и установлены влияющие факторы на концентрацию взвешенных веществ в каждом из этапов. На основе теорий движения наносов, теории уплотнения осадка проф. Е.Ф. Кургаева и теории сушки акад. А.В. Лыкова предложено математическое описание схемы обработки осадка. Выбор влияющих факторов на скорость обезвоживания осадка подтвержден эмпирически полученными результатами.

Considers the stages of the life cycle of waste water from sedimentation tanks and facilities for processing wash water from fast filters: formation, compaction, dehydration and disposal. A processing model has been formed and the influencing factors on the concentration of suspended solids in each of the stages have been established. Based on the theories of sediment movement, the theory of sediment compaction prof. E.F. Kurgaev and the theory of drying acad. A.V. Lykov proposed a mathematical description of the sludge treatment scheme. The obtained results are confirmed by the choice of influencing factors on the rate of sludge dehydration and confirmed by empirically obtained results.

**Ключевые слова:** станции водоподготовки, осадок, обезвоживание, уплотнение, модель

**Keywords:** water treatment stations, sediment, dehydration, seal, model

#### Введение

Обработке осадка отстойных сооружений станций водоподготовки последние годы стали уделять больше внимания и отечественные, и иностранные ученые. Объемы осадка, образующегося в отстойниках, осветлителях, а затем в устройствах схем оборота промывных вод и сооружениях повторного использования, далеко не маленькие. Осадок, конечно, можно сбросить обратно в водисточник, мотивируя тезисом «что взяли, то и вернули», но суммы экологических платежей при обнаружении в сбросной воде остаточных концентраций коагулянта (флокулянта), тяжелых металлов и т. п. наталкивают на мысль о возможности его обработки и утилизации.

Свод правил СП 31.13330.2021 по обработке осадка в п. 9.163 указывает на необходимость обезвоживания и складирования его «с или без

предварительного ступления». Для этого следует использовать «стусители, накопители, площадки депонирования, замораживания и подсушивания осадка» [1]. Фактически предлагается его только складировать, но площади сооружений не бесконечны, и в конце концов возникает вопрос захоронения накопленного осадка. Несколько станций в РФ пошли по пути механического обезвоживания с последующим вывозом на полигоны ТКО. Хорошее решение, но стоимость оборудования и флокулянта, дополнительные энергозатраты не всегда под силу малым и средним станциям. И снова встает вопрос утилизации осадка.

Существуют примеры удачного решения с утилизацией в почвогрунте [2], строительных материалах [3–6] или в составе сорбента [7]. При этом практически всегда на такие примеры есть результаты единичных научно-исследовательских работ с конкретным видом осадка. Перед

проектировщиком реконструируемой или строящейся станции очистки природных вод остается открытым вопрос, на какие научные аспекты опереться в проектировании сооружений обработки осадка. В научной литературе нам не удалось найти теории образования, обработки и утилизации сбросных вод от отстойных сооружений, а тем более от сооружений обработки сбросных (промывных) вод скорых фильтров. В данной статье приводим наше видение такой теории.

## Методы

В качестве методов исследований применена декомпозиция схемы обработки осадка на этапы по качеству сбросной воды. На каждом этапе выделен основной процесс и выполнен поиск влияющих факторов на результативность процесса, а также существующих теорий такого процесса, а именно:

- этап образования – теория движения наносов, в частности формулы Г.В. Лопатина для определения количества взвешенных наносов (мутности) в реке [8];
- этап уплотнения – теория уплотнения осадка проф. Е.Ф. Кургаева [9];
- этап обезвоживания (в естественных условиях) – теория уплотнения осадка проф. Е.Ф. Кургаева, теория сушки акад. А.В. Лыкова [10], теория капиллярного поднятия Жюрена с развитием в работах Лапласа.

## Результаты

Этапы жизненного цикла сбросных вод – образование, транспортировка, обработка и утилизация – формируют общую модель

схемы их обработки. Модель включает в себя генезис сбросных вод в процессе промывки (удаления осадка) из отстойных сооружений, обработку (уплотнение, обезвоживание) и утилизацию (рис.1). В состав осадков включаем осадки отстойных сооружений и осадки сооружений обработки сбросных (промывных) вод.

Концептуальная модель образования, обработки и утилизации сбросных вод отстойников и сооружений обработки промывных вод скорых фильтров и контактных осветлителей станций водоподготовки показана на рис. 1.

Этапы в общем виде могут быть представлены функциями:

$$X_1' = f(K_p, h, i, n, U_{cp}),$$

$$X_2' = f(C_0, V_n, \tau_{пер}, h_0, ),$$

$$X_3' = f(ТО),$$

$$X_4' = f(Cu, Zn, Pb, Al_2O_3, P_2O_5, SiO_2),$$

где  $K_p$  – коэффициент разбавления осадка водой, подаваемой на промывку;  $h$  – средняя глубина потока, принимаемая равной высоте слоя осадка;  $i$  – уклон днища отстойника к сборному трубопроводу (коробу);  $n$  – коэффициент шероховатости днища отстойника;  $U_{cp}$  – средневзвешенная гидравлическая крупность частиц осадка; – время перемещения осадка в уплотнителе;  $C_0$  – массовая концентрация взвеси, поступающей в уплотнитель;  $V_n$  – скорость движения конца лопасти мешалки в уплотнителе; ТО – тип обезвоживания – механическое или в естественных условиях;  $Cu, Zn, Pb, Al_2O_3, P_2O_5, SiO_2$  – концентрация в осадке соответствующих веществ и соединений.

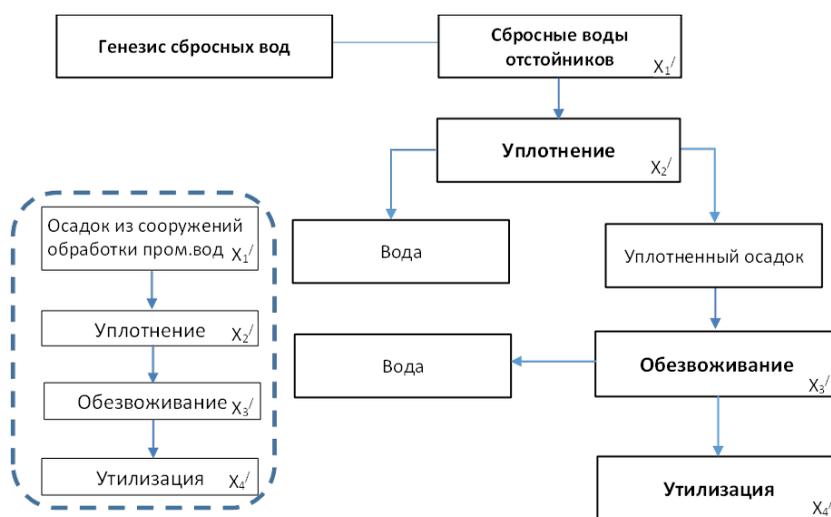


Рис. 1. Концептуальная модель образования, обработки и утилизации сбросных вод отстойников и сооружений обработки промывных вод скорых фильтров и контактных осветлителей станций водоподготовки

В общем случае концентрация взвешенных частиц в потоке сбросной воды от отстойников зависит от вида системы удаления осадка, физических, в том числе реологических, свойств осадка, конструкции дна отстойника и т. д. Рассматривая в общем гидравлические системы удаления осадка для потока смываемого осадка, среднее значение концентрации взвешенных частиц в первом приближении можно определить по формуле Г.В. Лопатина:

$$C_0 = \frac{4iR^{0,5}}{U_{cp}n^2}, \quad (1)$$

где  $U_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n U_{cpi} p_i}{P}$ ;  $U_{cpi}$  – гидравлическая крупность, подсчитанная по  $d_{cp}$  для  $i$ -й фракции;  $d_{cpi} = \frac{a_{i-1} + a_i}{2}$ ;  $p_i$  – вес  $i$ -й фракции;  $P$  – вес всего образца осадка.

Допуская, что слой осадка в процессе удаления равномерно уменьшается по длине отстойника, можно записать  $dC_0^2 = \left(\frac{4i}{U_{cp}n^2}\right)^2 dh$  так как,  $h = h(\tau)$  то

$$dC_0^2 = \left(\frac{4i}{U_{cp}n^2}\right)^2 h'(\tau) d\tau, \quad (2)$$

где  $\tau$  – время протекания процесса, с, в данном случае время удаления осадка из отстойника.

В работе [9] проф. Е.Ф. Кургаев отмечает, что при уплотнении осадка протекают следующие процессы:

- стеснённое осаждение не связанных между собой частиц хлопьевидной взвеси;
- образование сплошной пространственной структуры из этих частиц с постепенным уменьшением ее объема в результате уменьшения пор между частицами хлопьевидной взвеси;
- уплотнение хлопьевидных частиц осадка, сопровождающееся удалением свободной воды, заключенной в ячейках хлопьев и сжатием последних.

В уплотнитель осадок поступает с влажностью 99,0–99,8 %, фактически представляя собой высокомутную воду, а время нахождения в уплотнителе не превышает 1–3 сут. Выполненными на кафедре водоснабжения и водоотведения ДГТУ исследованиями установлено, что продолжительность уплотнения в первой области для осадка горизонтальных отстойников составляет 1–3 ч, а для осадка от сбросных вод скорых фильтров – 3–15 мин. Длительность же второй фазы уплотнения осадка отстойников в условиях реальных сооружений – в пределах от 3 ч до нескольких суток (высококонцентрированные минеральные осадки) и от 1 ч до 17 ч для осадка сбросных вод скорых фильтров. Сле-

довательно, можно утверждать, что в уплотнителе наблюдается первая и вторая фазы уплотнения осадка.

Воспользовавшись уравнением для определения скорости осаждения частиц, нами предложено первую фазу (стадии) уплотнения описать уравнением

$$-\frac{dh}{d\tau_1} = U_{cp} \frac{(1-C_0)^4}{1+C_0^2}. \quad (3)$$

Знак «минус» указывает на уменьшение высоты взвешенного вещества в процессе стесненного осаждения. Интегрируя (3) в пределах  $\tau = 0 \ h = h_0$ ,  $\tau_1 = \tau_1 \ h = h_{kl}$ , получим

$$h_0 - h_{kl} = U_{cp} \frac{(1-C_0)^4}{1+C_0^2} \tau_1, \quad (4)$$

где  $h_0$  – начальная высота налива осадка;  $h_{kl}$  – критическая высота слоя осадка, соответствующая первой критической точке;  $C_0$  – концентрация взвешенных частиц в объеме неуплотненного осадка;  $\tau_1$  – время уплотнения осадка в первой фазе, или

$$\frac{C_0}{C_n} = 1 - U_{cp} \frac{(1-C_0)^4}{1+C_0^2} \tau_1 h_0^{-1}, \quad (5)$$

где  $C_n$  – концентрации взвеси в конце первой фазы или в начале второй фазы.

В свою очередь для второй фазы уплотнения предлагаем использовать зависимость, полученную Л.И. Нечаевой [11], в которой заменим высоты слоев на концентрации взвешенных веществ; принимая, что концентрация взвеси в слое декантированной воды много меньше концентрации взвеси в уплотняющемся осадке, получаем выражение изменения концентрации осадка  $C(\tau)$  в слое осадка  $H(\tau)$ :

$$C(\tau_{II}) = C_n \left[ \frac{C_n}{C_{кII}} + \left(1 - \frac{C_n}{C_{кII}}\right) e^{-a\tau_{II}^\beta} \right]^{-1}, \quad (6)$$

где  $C_{кII}$  – концентрации взвеси в конце второй фазы;  $\tau_{II}^\beta$  – время уплотнения во второй фазе уплотнения.

Таким образом, уплотнение разбавленного при удалении из отстойников осадка в осадкоуплотнителе нами предлагается описывать системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{C_0}{C_n} = 1 - U_{cp} \frac{(1-C_0)^4}{1+C_0^2} \tau_1 h_0^{-1}, \\ C(\tau_{II}) = C_n \left[ \frac{C_n}{C_{кII}} + \left(1 - \frac{C_n}{C_{кII}}\right) e^{-a\tau_{II}^\beta} \right]^{-1}. \end{cases} \quad (7)$$

Влияние перемешивания осадка в осадкоуплотнителе учитывается увеличением значения  $U_{\text{ср}}$  ( $U_{\text{ср}} = f(V_{\text{ср}}, \tau_{\text{пер}})$ ) (в первой фазе и величиной коэффициента  $\alpha$  и показателя степени  $\beta$  во второй фазе уплотнения).

Обезвоживание осадка реализуется в двух вариантах – механическое обезвоживание и обезвоживание в естественных условиях. Эффективность механического обезвоживания зависит от вида применяемого оборудования, параметров его работы, дозы и вида флокулянта. Обезвоживание осадка в естественных условиях (иногда употребляют термин «сушка») описывается дифференциальным уравнением

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{dV_c}{d\tau} + \frac{dV_\phi}{d\tau} + \frac{dV_d}{d\tau}, \quad (8)$$

где  $V$  – общее содержание воды в осадке;  $V_c$  – объем воды, удаляемой с поверхности осадка вследствие испарения влаги;  $V_\phi$  – объем воды, удаляемой в процессе фильтрования в дренажную систему;  $V_d$  – объем воды, удаляемой за счет декантации.

Применительно к площадкам обезвоживания, с установленными в них капиллярными патронами, уравнение (8) дополним слагаемым  $\frac{dV_{\text{с.к.}}}{d\tau}$ , учитывающим испарение с поверхности капиллярного патрона выше уровня воды, тогда

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{dV_c}{d\tau} + \frac{dV_\phi}{d\tau} + \frac{dV_d}{d\tau} + \frac{dV_{\text{с.к.}}}{d\tau}, \quad (9)$$

где  $V_{\text{с.к.}}$  – объем воды, испаряющейся в процессе сушки капиллярного материала.

При напуске осадка на поверхность площадки обезвоживания его уплотнение начинается со второй фазы и продолжается в третьей фазе, тогда удельный (на единицу площади) объем воды, образующейся за счет уплотнения осадка, будет:

$$V_{\text{уд}} = \begin{cases} h_{\text{кII}} + (h_{\text{н}} - h_{\text{кII}}) \cdot e^{-\alpha\tau^\beta} & h > h_{\text{кII}} \\ (60h_{\text{кII}}C_{\text{кIII}} - 80)K & h \leq h_{\text{кII}} \end{cases}, \quad (10)$$

где  $h_{\text{кII}}$  – высота слоя осадка, соответствующая окончанию второй фазы уплотнения, см;  $K$  – коэффициент уплотнения в третьей области, определяемый по графику 3.8 [11];  $h_{\text{н}}$  – высота начального слоя осадка;  $\alpha$  – коэффициент, характеризующий содержание твердой фазы в осадке;  $\beta$  – коэффициент, учитывающий содержание твердой минеральной фазы в осадке;  $C_{\text{кIII}}$  – концентрация взвеси в конце третьей фазы.

Образовавшаяся при уплотнении вода удаляется путем декантации с поверхности, фильтрования в дренажную систему и испарения с поверхности жидкости (до момента

снижения уровня воды ниже уровня осадка). Но с учетом того, что скорость испарения значительно меньше скорости фильтрования и декантации, им можно пренебречь, тогда

$$\frac{dV_\phi}{d\tau} + \frac{dV_d}{d\tau} = h_{\text{кII}} + (h_{\text{кII}} - h_{\text{н}}) \cdot e^{-\alpha\tau^\beta} (\beta - 1) \alpha \tau^{\beta-1}. \quad (11)$$

Принимая сушку осадка только за счет испарения воды с поверхности осадка,

$$\frac{dV_c}{d\tau} = K_{\text{об}} \cdot E_{\text{м}} = 12960 K_{\text{об}} (l_0 - l_{200}) \times (1 + 0,72 V_{200}) d\tau, \quad (12)$$

где  $K_{\text{об}}$  – модульный коэффициент обеспеченности, зависящий от климатических условий района строительства и требуемой степени обеспеченности;  $E_{\text{м}}$  – величина слоя месячного испарения, мм;  $l_0$  – упругость насыщенных водяных паров, мб;  $l_{200}$  – средняя месячная абсолютная влажность воздуха на высоте 200 см от водной поверхности, мб;  $V_{200}$  – средняя скорость ветра на высоте 200 см, м/с;  $\tau$  – время, с.

Скорость сушки капиллярного материала:

$$\frac{dV_{\text{с.к.}}}{d\tau} = F_{\text{к.п.}} \cdot \sum E_{\text{м}}^j = 2,07 \cdot 10^6 F_{\text{к.п.}} \cdot \sum \frac{l_0 - l_1}{R_{\text{в.п.}}} d\tau, \quad (13)$$

где  $F_{\text{к.п.}}$  – площадь капиллярного поднятия по всем капиллярным материалам над уровнем воды в площадке, м<sup>2</sup>;  $E_{\text{м}}^j$  – величина слоя месячного испарения с поверхности капиллярного материала, расположенного выше уровня воды, мм;  $R_{\text{в.п.}}$  – коэффициент для внутренней поверхности;  $l_1$  – абсолютная влажность воздуха над сушей для данного месяца, мб, согласно СП 131.13330.2020.

Совместное решение представленных уравнений модели обеспечивает полное описание процесса от момента образования сбросных вод влажностью 99,5–99,7 % до обезвоживания при конечной влажности  $\approx 60$  %. Утилизацию осадка также нам не удалось описать математически, поэтому разработан алгоритм принятия решения о направлении утилизации (рис. 2). Исследовав химический состав осадка и воспользовавшись предложенным алгоритмом, представляется возможным принять обоснованное решение о направлении(ях) утилизации осадка, учитывая заинтересованность потенциальных потребителей.

## Обсуждение

Представленный подход к описанию схемы обработки осадка отстойников и сбросных вод основан на исследовании этапов жизнен-

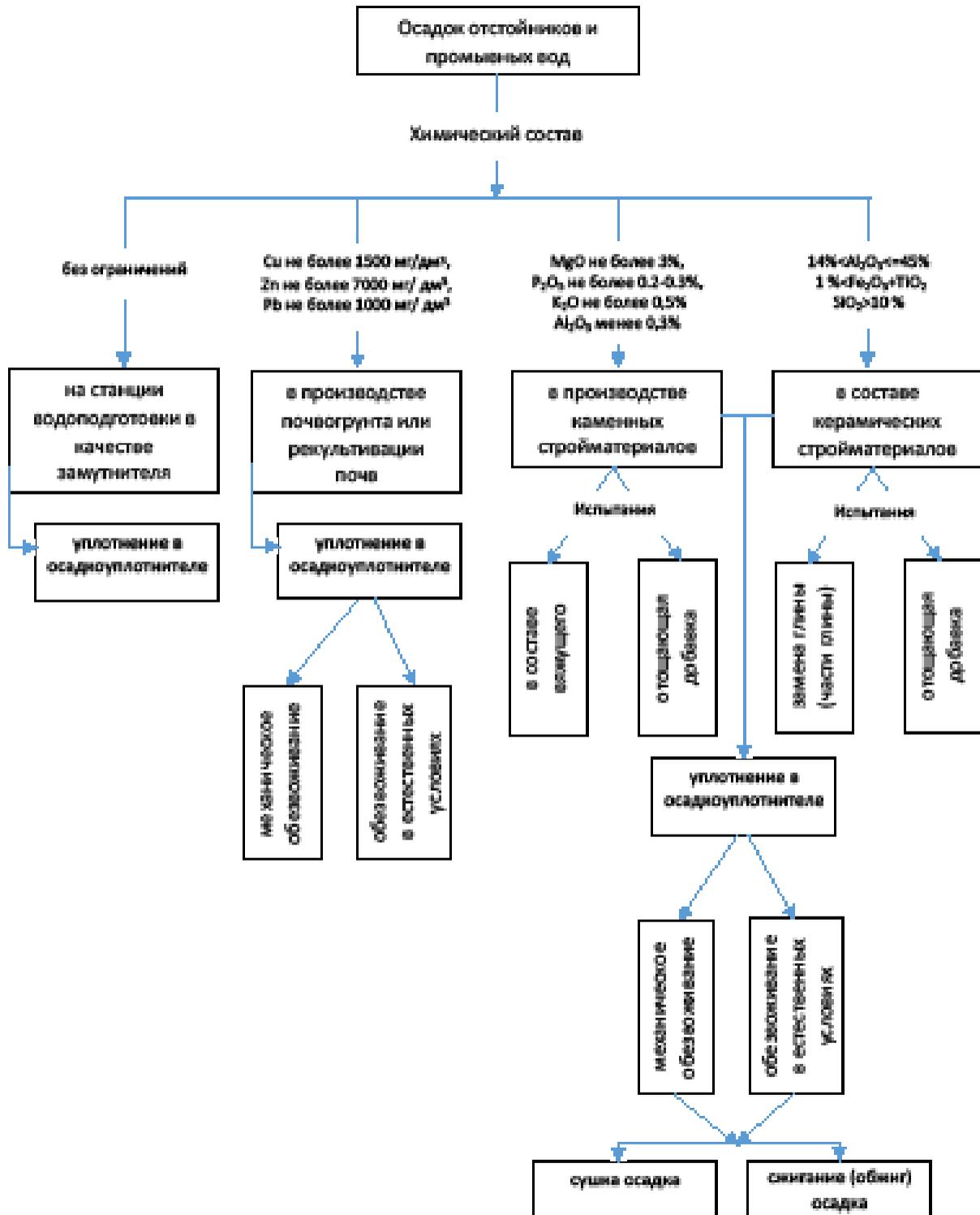


Рис. 2. Алгоритм выбора технологической схемы обработки осадка отстойников и промывных вод скорых фильтров

ного цикла осадка на станциях водоподготовки. При этом факторами, влияющими на математическое описание процесса, выбраны как качественные показатели осадка, которыми трудно управлять, так и управляемые – способ обезвоживания, время перемешивания и скорости движения конца лопасти мешалки в уплотнителе. Определение зависимостей  $U_{\text{cp}} = f(V_{\text{л}}, \tau_{\text{пер}})$  и  $\alpha, \beta = f(V_{\text{л}}, \tau_{\text{пер}})$  возможно по результатам экспериментов и является следующим этапом развития данной работы. Математическое описание процессов образования осадка, уплотнения и обезвоживания, приведенное в работе, представляет основу для методик расчета соответствующих сооружений обработки осадка.

В работе Ю.А. Рыльцевой [12] выполнено математическое моделирование процесса обезвоживания на площадке подсушивания (каменные капиллярные элементы) с целью оценки влияния высоты налива осадка, наличия или отсутствия дренажа, наличия или отсутствия капиллярных элементов на продолжительность обезвоживания осадка до влажности менее 30 %. Получены уравнения вида

$$\tau_{30\%} = K_1 + K_2 h - K_3 D - K_4 K_5, \quad (14)$$

где  $h$  – высота налива осадка, см;  $D$  и  $K_5$  – соответственно параметры дренажа и капиллярных элементов, принимающие значение «+1» при наличии и «-1» при отсутствии.

Коэффициенты  $K_1, K_3$  и  $K_4$  являются функцией влажности осадка, принимающие значения для влажности осадка 88,4 % 46,25; 2,25; 3,75 соответственно, а для влажности 92,4 % 47,25; 9,25 и 4,5. Коэффициент  $K_2$  от влажности не зависит и равен 7,5. Таким образом, с достаточной для инженерных расчетов точностью уравнение (14) принимает вид

$$\tau_{30\%} = 46,75 + 7,5h - (0,99W + 7,03)D - 4,12K_5, \quad (15)$$

где  $W$  – влажность осадка, %.

Следовательно, выбор влияющих факторов на скорость обезвоживания осадка подтверждается эмпирически полученными результатами.

## Выводы

Определены этапы жизненного цикла сбросных вод отстойников и сооружений обработки промывных вод скорых фильтров. Выявлены влияющие факторы на каждом из этапов. Сформирован алгоритм выбора технологической схемы обработки осадка отстойников и промывных вод скорых фильтров.

Получена математическая модель образования, уплотнения и обезвоживания в естественных условиях как основа моделирования процессов и методик расчета сооружений. Выбор влияющих факторов на скорость обезвоживания осадка подтверждается эмпирически полученными результатами.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свод правил «Водоснабжение, наружные сети и сооружения»: СНиП 2.04.02-84\*: [СП 31.13330-2021]: дата введения 2022-01-28. М., 2022. 214 с.
2. Исследование свойств новых почвогрунтов, полученных с применением осадков станций водоподготовки / К. Е. Хренов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 10. С. 20–25.
3. Re-use of drinking water treatment plant (DWTP) sludge: Characterization and technological behaviour of cement mortars with atomized sludge additions / N. Husillos Rodríguez, S. Martínez Ramírez, M.T. Blanco Varela, M. Guillem b, J. Puig, E. Larrotcha, J. Flores // Cement and Concrete Research. 2009. 40(210) P. 778–786. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2009.11.012>.
4. Utilization of water treatment plant sludge in structural ceramics bricks / A. Benlalla, M. Elmoussaoui, M. Dahhou, M. Assafi // Applied Clay Science. 2015. Vol. 118. P. 171–177. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2015.09.012>.
5. Chung-Ho Huang. Application of water treatment sludge in the manufacturing of light-weight aggregate / Chung-Ho Huang, Shun-Yuan Wang // Construction and Building Materials. 2013. Vol. 43. P. 174–183. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.02.016>.
6. Cremades L.F. Recycling of sludge from drinking water treatment as ceramic material for the manufacture of tiles / L. V. Cremades, J. A. Cusido. F. Arteaga // Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 201. P. 1071–1080. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.094>.
7. Guoren Xu Xin Yang, Ludovico Spinosa. Development of sludge-based adsorbents: Preparation, characterization, utilization and its feasibility assessment // Journal of Environmental Management. 2015. Vol. 151. P. 221–232. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.08.001>.
8. Справочник проектировщика: Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий / под общ. ред. И.А. Назарова. М.: Госстройиздат, 1967. 382 с.
9. Кургаев Е.Ф. Осветлители воды. М.: Стройиздат, 1977. 192 с.
10. Лыков А.В. Теория сушки. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1968. 471 с.
11. Нечаева Л.И. Обезвоживание минеральных осадков природных вод в шламонакопителях: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04 / Инж.-строит. ин-т. М., 1990. 18 с.
12. Рыльцева Ю.А. Оптимизация процесса обработки осадка станций подготовки маломутной и малоцветной природной воды: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04 / Пенз. гос. арх.-строит. ун-т. Пенза, 2016. 193 с.

## REFERENCES

1. Code of Practice. Water Supply, External Networks and Structures. Moscow, 2022. 214 p. (In Russian)
2. Khrenov K.I., Kozlov M.N., Grachev V.A., Shchegolkova N.M., Vanyushina A.Ya. A research of properties of the new soils received with application of precipitation of stations of water treatment. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary equipment], 2011, no.10, pp.20–25. (in Russian)
3. Husillos Rodríguez N., Martínez Ramírez S., Blanco Varela M.T., Guillem B.M., Puig J., Larrotcha E., Flores J. Re-use of drinking water treatment plant (DWTP) sludge: Characterization and technological behaviour of cement mortars with atomized sludge additions. *Cement and Concrete Research*. 2009. 40(210) P. 778–786. DOI: 10.1016/j.cemconres.2009.11.012
4. Benlalla A., Elmoussaouiti M., Dahhou M., Assafi M. Utilization of water treatment plant sludge in structural ceramics bricks. *Applied Clay Science*. 2015. V. 118. P. 171–177. DOI: 10.1016/j.clay.2015.09.012
5. Chung-Ho Huang, Shun-Yuan Wang. Application of water treatment sludge in the manufacturing of light-weight aggregate. *Construction and Building Materials*. 2013. V. 43. P. 174–183. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.02.016
6. Cremades L.F., Cusido J.A. Arteaga Recycling of sludge from drinking water treatment as ceramic material for the manufacture of tiles. *Journal of Cleaner Production*. 2018. V. 201. P. 1071–1080. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.08.094
7. Guoren Xu Xin Yang, Ludovico Spinosa. Development of sludge-based adsorbents: Preparation, characterization, utilization and its feasibility assessment. *Journal of Environmental Management*. 2015. V. 151. P. 221–232. DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.08.001
8. Designer's Handbook. Water supply of populated areas and industrial enterprises. Moscow, Gosstroyizdat, 1967. 382 p.
9. Kurgaev E.F. *Osvetliteli vody* [Water clarifiers]. Moscow, Stroyizdat, 1977. 192 p.
10. Lykov A.V. *Teorija sushki. 2-e izd., pererab. i dop.* [Drying theory. 2nd ed., Rev. and add.]. Moscow, Energy, 1968. 471 p.
11. Nechaeva L.I. *Obezvozhivanie mineral'nyh osadkov prirodnyh vod v shlamonakopitel'jah. Avtoreferat. Cand., Diss.* [Dehydration of mineral sediments of natural waters in sludge collectors. Abstract. Cand. Diss.]. Moscow, 1990. 18 p.
12. Ryltseva Yu.A. *Optimizacija processa obrabotki osadka stancij podgotovki malomutnoj i malocvetnoj prirodnoj vody. Cand., Diss.* [Optimization of sediment treatment process of low-turbidity and low-color natural water treatment plants. Cand. Diss.]. Penza, 2016. 193 p.

Об авторе:

**БУТКО Денис Александрович**

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой водоснабжения и водоотведения  
Донской государственной технической университет  
344003, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1  
E-mail: den\_111@mail.ru  
ORCID ID: 0000-0002-3792-7198

**BUTKO Denis Al.**

PhD in of Engineering Sciences, Associate Professor,  
Head of the Water Supply and Drainage Chair  
Don State Technical University  
344003, Russia, Rostov-on-Don, Gagarina Square, 1  
E-mail: den\_111@mail.ru  
ORCID ID: 0000-0002-3792-7198

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

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

**М. Н. БРЮХОВ**  
**Д. В. УЛЬРИХ**  
**Т. М. ЛОНЗИНГЕР**  
**С. Е. ДЕНИСОВ**

## **РОЛЬ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ И ОТХОДОВ ТРУБНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ОЧИСТКЕ КИСЛЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД**

**THE ROLE OF NATURAL SORBENTS AND PIPING PRODUCTION WASTE IN THE TREATMENT OF ACID IRON-CONTAINING WASTE WATER**

*Рассмотрена сорбционная очистка производственных сточных вод предприятий трубной промышленности. Представлены и исследованы потенциальные сорбенты из числа природных материалов и отходов производств трубной промышленности. Исследована сорбционная способность рассматриваемых материалов по отношению к тяжелым металлам из сильноокислых железосодержащих сточных вод как в статическом, так и в динамическом режимах. Исследования в статическом режиме проведены в разных температурных режимах: 10, 20 и 30 °С. В динамических условиях расходы фильтра составляли 0,3; 0,6 и 1,2 л/ч. Установлено, что ряд исследованных материалов могут быть использованы в качестве сорбента или составляющей композитного сорбента для технологий очистки стоков на предприятиях трубной отрасли.*

**Ключевые слова:** производственные сточные воды, сорбция, флюс электросварочного цеха, отходы прокатного производства, каолин, пеностекло, глауконит, торф верховой, вспученный перлит, древесный уголь

*In this article, we consider the sorption purification of production wastewater from pipe industry enterprises. We have presented and studied the potential sorbents from among natural materials and from piping production waste. The authors of this paper have studied the sorption capacity of the materials under consideration with regard to heavy metals from highly acidic iron-containing wastewater both in static and dynamic modes. The static-mode research has been conducted for various temperatures: 10°C, 20°C and 30°C. In the dynamic conditions, the filtrate flow rate equaled 0.3, 0.6 and 1.2 l/h. The authors have proven that a number of the examined materials can be used as sorbents or constituting elements of composite sorbents for the technology of wastewater treatment at pipe industry enterprises.*

**Keywords:** production wastewater, sorption, flux from electric-welding workshop, rolling-mill scrap, kaolin, foamed glass, glauconite, high-moor peat, expanded perlite, charcoal

### **Введение**

Одной из главных экологических проблем современности является рост объемов воды, потребляемых промышленными предприятиями, и увеличение стоков. Состав производственных сточных вод на предприятиях зависит от используемых технологий, состава и качества сырья. Поэтому не существует универсальных технологических решений. Существующие технологии зачастую многостадийны, весьма затратны, требуют применения большого количества химических реагентов, что приводит к вторичному загрязнению окружающей среды. Можно констатировать, что эта проблема актуальна для промышленности всего мира, поэтому исследования проводятся во всех странах [1–15].

Различные загрязнения, в том числе и тяжелые металлы, попадающие в окружающую среду со сточными водами, негативно воздействуют на водные экосистемы. Они оказывают влияние на биохимические, физиологические процессы в организме биологических объектов [16]. В воде тяжелые металлы могут находиться в различных миграционных формах – растворенной, эмульгированной, сорбированной на взвешенных частицах и в донных отложениях в виде пленки на поверхности воды. Другим видом опасных загрязнителей сточной воды являются токсичные органические загрязнения. Воздействие этих загрязняющих веществ на экосистемы водоемов носит комплексный характер: изменяется физико-химический состав воды, его последствия прояв-

ляются на популяционном и биоценологическом уровнях. Скорость накопления поллютантов в результате техногенного загрязнения в водных экосистемах далеко опережает скорость их биodeградации естественным путем, а существующие технологии не всегда позволяют справиться с такими загрязнениями быстро и эффективно [17].

К настоящему времени разработано большое количество способов и материалов, позволяющих извлекать загрязнители из воды. Одним из традиционных и распространенных способов является сорбционный. Под сорбцией понимают поглощение газообразных или жидких веществ твердыми телами или жидкостями из окружающего их пространства. При ионном обмене происходит самопроизвольный процесс обмена ионов между сорбентом и сорбатом.

Несмотря на появление новых, часто более эффективных, способов (например, барометрический) сорбционные не уступают первенство по применению. Это объясняется их эффективностью с экологической и экономической точек зрения.

Одним из достоинств сорбционного способа является то, что в качестве исходного материала для получения сорбентов могут использоваться как природные материалы, так и отходы производства, составляющие весомую долю в общем объеме образующихся отходов, что, в свою очередь, позволяет решить важнейшую экологическую проблему – утилизацию отходов. В настоящее время накоплено большое количество промышленных отходов, которые могут рассматриваться как техногенные месторождения. Состав материалов в отходах имеет широкий спектр, поэтому они используются в различных областях промышленности. Отходы металлургической промышленности и машиностроения образуются из сырьевых материалов под воздействием высоких температур и химических реагентов, и их пористая структура с активированной поверхностью является предпосылкой для использования в качестве сырья при изготовлении сорбционных материалов для очистки сточных вод. Поэтому актуальным является исследование новых материалов для получения сорбентов на основе вторичных ресурсов, обладающих высокой эффективностью очистки воды от загрязнений и низкой стоимостью.

В настоящей статье рассматривается возможность применения материалов из природного сырья и отходов производств для очистки железосодержащих сточных вод предприятий трубной промышленности.

Целью данной работы является оценка сорбционной способности вышеперечисленных

материалов при очистке железосодержащих производственных сточных вод предприятий трубной промышленности.

### Объекты и методы исследования

Исследования взаимодействия в системе сорбент-сорбат проводили в лабораторных условиях методом ограниченного объема при статической сорбции, когда поллютанты находились в жидкой фазе и приводились в контакт с неподвижным сорбентом. В статических условиях использовали соотношение твердое (сорбент) и жидкое (сорбат), равное 1:10. Температуру системы изменяли от 10 до 30 °С. Время экспозиции составляло до четырех недель. В динамическом режиме исследовали фильтрацию сточных вод на лабораторной установке. Максимальный расход фильтрата составлял 1,2 л/ч. Массу пробы в фильтрующей загрузке варьировали от 15 до 359 г.

В качестве сорбентов при проведении исследований использовали: уголь древесный, вспученный перлит, кирпич (пережог), глауконит (Каринское месторождение), торф верховой, каолин (Кыштымское месторождение), пеностекло, флюс электросварочного цеха и отходы прокатного производства.

Сорбатом в исследовании были кислые сточные воды трубного предприятия следующего состава, мг/л: Al – от 9,24 до 10,15; Co – от 0,2 до 0,23; Cr – от 4,26 до 5,01; Cu – от 0,54 до 0,48; Fe – от 207,22 до 296,76; Mn – 3,53; Ni от 2,47 до 2,66; P – 0,17; Pb – от 0,49 до 0,5; Ti – 0,02; Zn – 12,09; pH – 2,16.

При проведении анализа состава сточной воды и фильтрата использовали атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой OPTIMA 2100DV «Perkin Elmer», США. В качестве фонового раствора использовали воду особой степени очистки, полученную на приборе «Simplicity UV» (Франция), pH-метр 150МИ.

### Результаты и их обсуждение

Изучение эффективности сорбционного извлечения тяжёлых металлов в статических условиях исследованными сорбентами подтвердило зависимость количества извлечённых ионов от времени контакта фаз, pH раствора и температуры окружающей среды.

В таблице приведены усредненные экспериментальные данные, показывающие зависимость адсорбции катионов металлов от вида сорбента, времени контакта сорбента с сорбатом, температуры.

Данные таблицы показывают, что наиболее эффективно ионы тяжёлых металлов из сточной

Эффективность очистки кислых сточных вод трубного предприятия  
в зависимости от температуры и времени контакта фаз в статическом режиме  
(усредненные значения)

| Сорбент                        | Эффективность очистки, % |        |        |       |        |        |       |        |        |
|--------------------------------|--------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
|                                | 10 °С                    |        |        | 20 °С |        |        | 30 °С |        |        |
|                                | 7 сут                    | 14 сут | 28 сут | 7 сут | 14 сут | 28 сут | 7 сут | 14 сут | 28 сут |
| Древесный уголь                | 93,2                     | 94,5   | 95,8   | 94,4  | 95,2   | 95,9   | 94,8  | 95,7   | 94,5   |
| Вспученный перлит              | 88,2                     | 89,5   | 90,8   | 88,6  | 91,1   | 92,3   | 90,7  | 92,8   | 94,9   |
| Кирпич (пережог)               | 93,4                     | 94,4   | 95,6   | 94,3  | 95,4   | 97,0   | 95,4  | 96,9   | 97,4   |
| Глауконит                      | 86,4                     | 93,4   | 93,1   | 94,1  | 94,7   | 94,9   | 94,4  | 94,3   | 94,4   |
| Торф верховой                  | 94,3                     | 95,6   | 96,1   | 95,4  | 96,7   | 97,4   | 96,0  | 97,5   | 98,1   |
| Каолин                         | 88,7                     | 91,5   | 91,4   | 89,7  | 91,3   | 92,8   | 91,9  | 91,6   | 91,8   |
| Пеностекло                     | 83,9                     | 86,7   | 88,7   | 86,5  | 89,9   | 91,4   | 87,6  | 89,1   | 92,9   |
| Флюс электросварочного цеха    | 95,9                     | 98,3   | 95,1   | 97,0  | 98,3   | 97,7   | 98,2  | 98,3   | 97,8   |
| Отходы прокатного производства | 71,0                     | 79,5   | 81,0   | 72,5  | 82,3   | 81,0   | 81,5  | 83,1   | 84,0   |

воды удаляют сорбенты из природных материалов древесного угля и торфа верхового. Максимальная эффективность очистки для этих материалов составляет 95,9 и 98,1 % соответственно. На таком же высоком уровне находятся показатели эффективности очистки при использовании в качестве сорбента отходов производства: кирпича (пережог) – 97,4 % и флюса электросварочного цеха – 98,3 %. С увеличением температуры системы сорбент-сорбат и времени контакта фаз эффективность очистки повышается за исключением флюса электросварочного производства, для которого оптимальное время взаимодействия составляет 14 сут.

На рис. 1 приведены данные об изменении водородного показателя сорбата после контакта с сорбентами в зависимости от температуры системы сорбент-сорбат.

Данные на рисунках показывают, что при использовании в качестве сорбентов каолина, вспученного перлита, глауконита водородный показатель системы не изменяется и находится в сильно кислой области. Верховой торф, кирпич (пережог), пеностекло и отходы прокатного производства при взаимодействии со сточной водой в течение 7 сут повышают водородный показатель системы до 3,8–4,8. Вода после очистки имеет кислую и слабокислую реакцию. Древесный уголь и флюс электросварочного цеха одновременно с сорбцией тяжёлых металлов нейтрализуют сточную воду. Через 7 сут водородный показатель в этих системах имеет значение 6 при температуре 10 °С и увеличивается до 6,84 при температуре 30 °С, что соответствует нейтральной среде.

При динамическом режиме сорбционной очистки воды с техногенными загрязнениями

важное значение имеет расход фильтрата. При проведении экспериментов использовали несколько скоростных режимов фильтрации сорбата через сорбент. Результаты исследований представлены на рис. 2.

Экспериментальные данные по эффективности извлечения поллютантов из сточных вод показывают, что при расходе фильтрата 0,3 л/ч степень очистки железосодержащих сточных вод и, соответственно, количество сорбированных катионов металлов единицей массы сорбента выше чем 1,2 л/ч.

При динамическом режиме лучшие результаты по эффективности очистки показывает использование в качестве сорбента природных материалов торфа верхового, древесного угля и глауконита. Флюс электросварочного цеха при низких расходах фильтрата позволяет получить эффективность очистки 55–90 %. Лучшее всего флюс удаляет из стоков свинец, железо, медь. Наиболее низкую эффективность очистки показали кирпич (пережог) и пеностекло. Извлечение кобальта, хрома и меди для этих сорбентов не превышает 18–30 %.

Изменение рН сорбата в процессе сорбции в динамических условиях показано на рис. 3.

Полученные данные показывают, что рН сорбата при использовании в качестве сорбента торфа верхового увеличивается с 2,16 до 5,28 при расходе фильтрата 0,3 л/ч, с увеличением расхода показатель снизился до 2,63 при 1,2 л/ч. Отходы прокатного производства и флюс электросварочного цеха увеличивают рН сорбата после взаимодействия до 4,6 и 3,7 при низких расходах фильтрата. Пеностекло, глина, глауконит, вспученный перлит и древесный уголь практически не изменяют

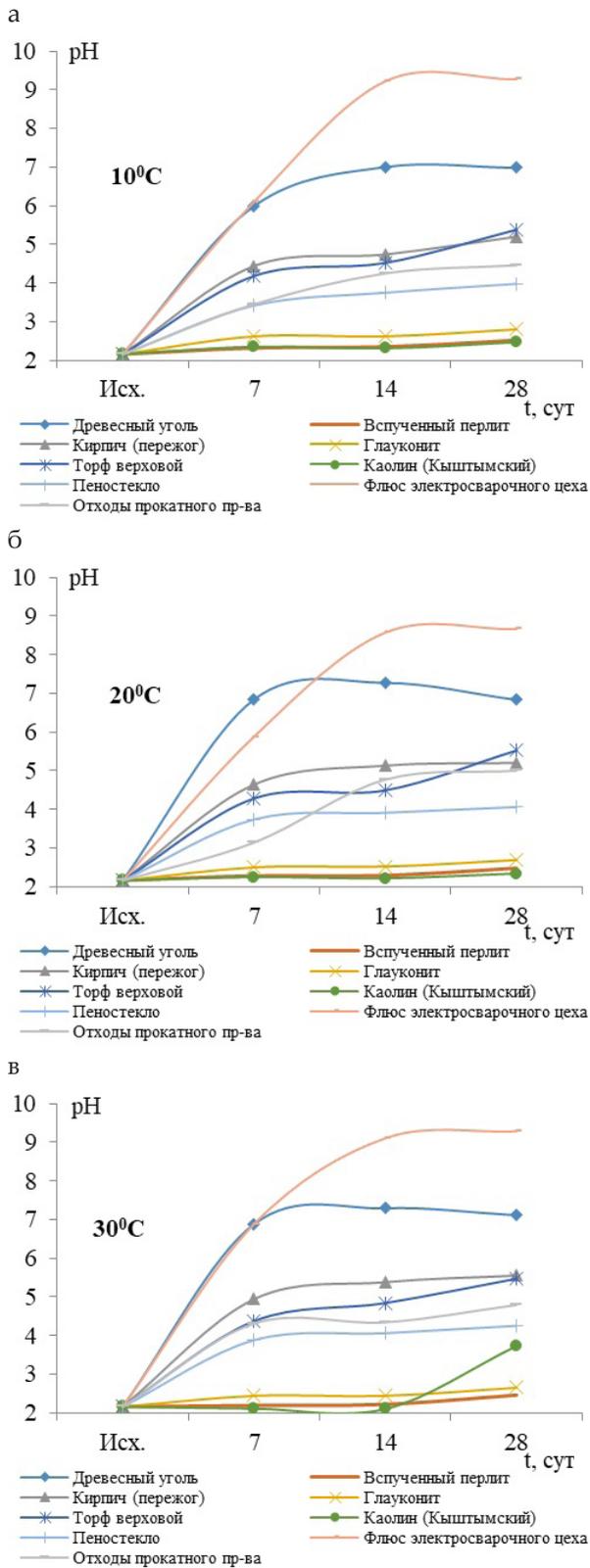


Рис. 1. Изменение рН в зависимости от времени контакта сорбента с сорбатом при температуре среды: а – 10 °С; б – 20 °С; в – 30 °С

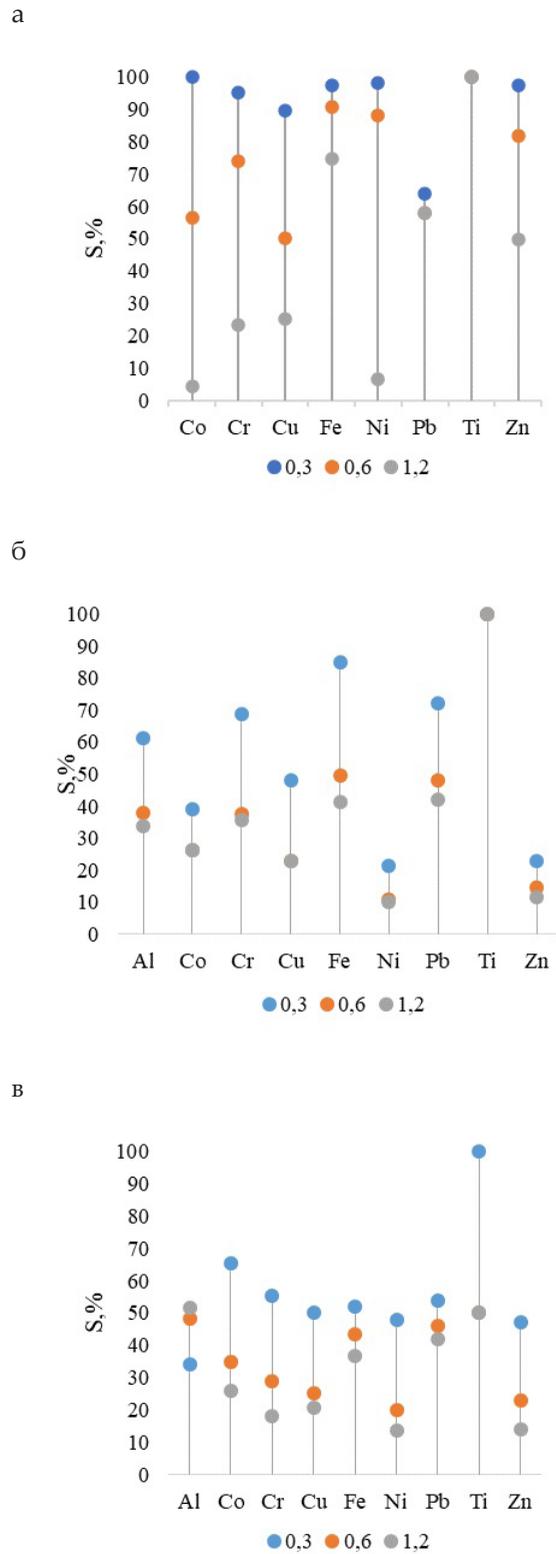
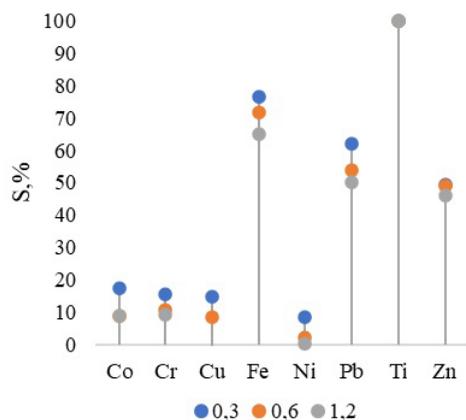
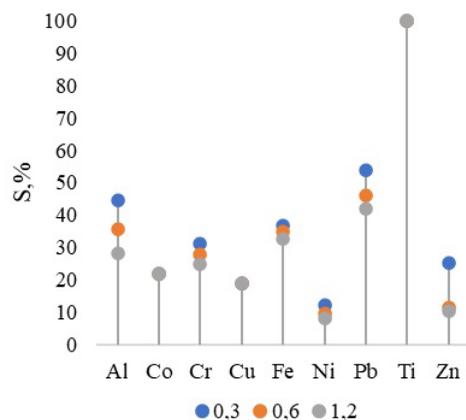


Рис. 2. Эффективность извлечения загрязнителей из сточных вод при динамическом режиме фильтрации: а – торфом верховым; б – древесным углем; в – вспученным перлитом;

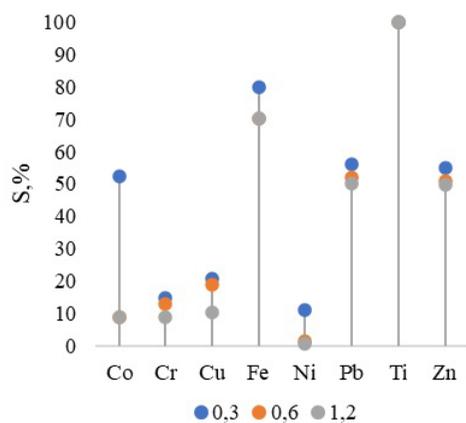
Г



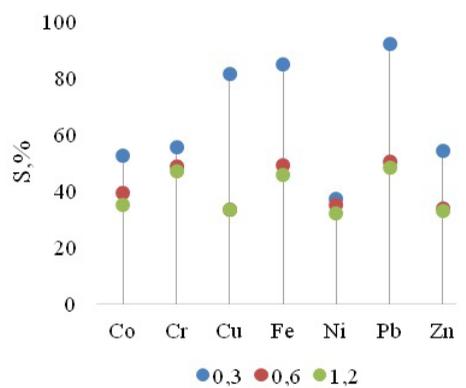
Ж



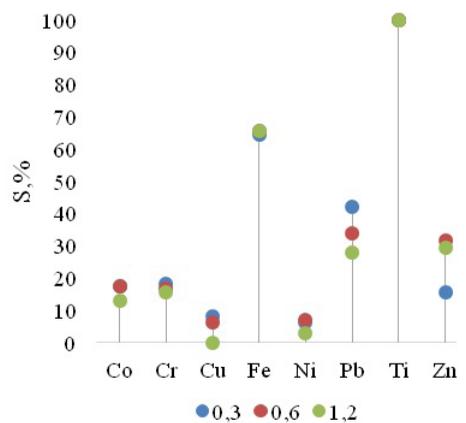
Д



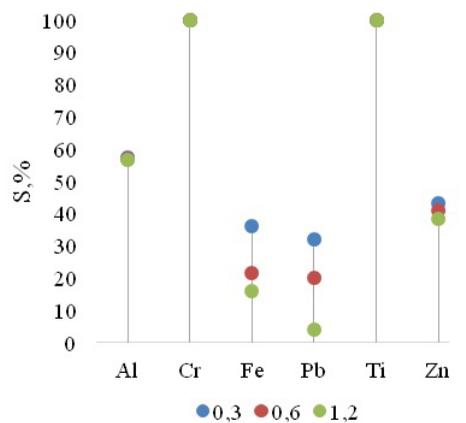
З



Е



И



Окончание рис. 2: г – кирпичом (пережог); д – глауконитом; е – каолином; ж – пеностеклом; з – флюсом электросварочного цеха; и – отходами прокатного производства

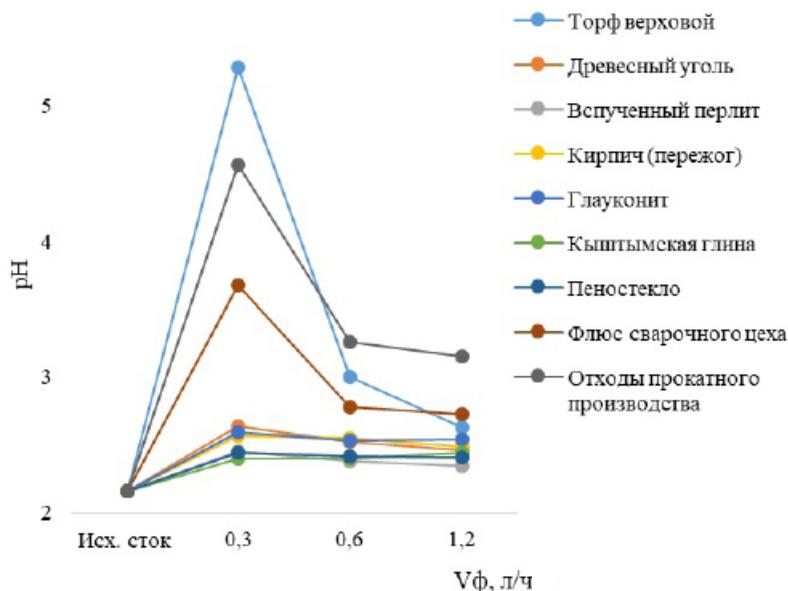


Рис. 3. Изменение pH в зависимости от времени контакта сорбента с сорбатом в динамическом режиме фильтрации

водородный показатель фильтрата, он остаётся в сильноокислой области.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что для очистки сточных вод трубного производства эффективно использование в технологии сорбционной очистки флюса электросварочного цеха при статическом режиме наряду с известным материалом – древесным углем. Флюс электросварочного цеха одновременно с сорбцией тяжёлых металлов нейтрализует сточную воду. При динамическом режиме флюс электросварочного цеха позволяет получить эффективность очистки 55–90 %.

Проведённые исследования показали, что использование отходов производства в качестве сорбентов при очистке сильноокислых вод предприятий трубной промышленности является перспективным направлением. Дальнейшие исследования должны быть направлены на повышение эффективности сорбентов за счёт создания композитных структур с эффектом эмерджентности.

### Заключение

Очистка от тяжёлых металлов кислых сточных вод предприятий трубной промышленности является сложной технологической задачей. Проведённые исследования показали, что её решение может быть достигнуто при использовании сорбционных технологий.

В качестве сорбентов при проведении исследований использовали известные материалы: уголь древесный, вспученный перлит, глауконит

(Каринское месторождение), торф верховой, каолин (Кыштымское месторождение), пеностекло, а также отходы промышленного производства: кирпич (пережог), флюс электросварочного цеха, отходы прокатного производства.

Установлено, что наиболее эффективно ионы тяжёлых металлов из сточной воды удаляют сорбенты из природных материалов: древесного угля и торфа верхового. Максимальная эффективность очистки для этих материалов составляет 95,9 и 98,1 % соответственно. На этом же высоком уровне находятся показатели эффективности очистки при использовании в качестве сорбента отходов производства: кирпича (пережог) – 97,4 % и флюса электросварочного цеха – 98,3 %. С увеличением температуры системы сорбент-сорбат и времени контакта фаз эффективность очистки увеличивается.

Для кислых сточных вод обязательной технологической операцией является нейтрализация стоков. Водородный показатель воды должен быть в нейтральной области. При использовании в качестве сорбентов известных материалов (каолина, вспученного перлита, глауконита) водородный показатель системы не изменяется и находится в сильноокислой области. Верховой торф, кирпич (пережог), пеностекло и отходы прокатного производства при взаимодействии со сточной водой в течение 7 сут повышают водородный показатель системы до 3,8–4,8. Вода после очистки имеет кислую и слабокислую реакцию. Флюс электросварочного цеха одновременно с сорбцией тяжёлых металлов нейтрализует сточную воду. Через

7 сут водородный показатель имеет значение 6 при температуре 10 °С и увеличивается до 6,84 при температуре 30 °С, что соответствует нейтральной среде. Поэтому использование флюса в качестве сорбента приводит к снижению затрат на очистку воды.

При динамическом режиме лучшие результаты по эффективности очистки показывает использование в качестве сорбента природных материалов: торфа верхового, древесного угля и глауконита. Флюс электросварочного цеха при низких расходах фильтрата позволяет получить эффективность очистки 55–90 %. Лучше всего флюс удаляет из стоков свинец, железо, медь. Наиболее низкую эффективность очистки показали кирпич (пережог) и пеностекло. Извлечение кобальта, хрома и меди для этих сорбентов не превышает 18–30 %.

Экспериментальными исследованиями доказано, что исследованные отходы сварочного производства могут быть использованы в качестве сорбента или составляющей композитного сорбента для извлечения тяжелых металлов из кислых сточных вод трубного производства. Технология может быть реализована как путем внесения сорбентов в сточные воды с последующим отделением, так и в динамических условиях путем фильтрации через слой сорбционного материала.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ермолин Ю.А., Алексеев М.И. Промышленная очистка сточных вод как управляемый процесс // Вода и экология: проблемы и решения. 2017. № 2 (70). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/promyshlennaya-ochistka-stochnyh-vod-kak-upravlyaemyy-protsess> (дата обращения: 14.06.2023).
2. Алексеев М.И., Шотина К.В., Мойжес О.В. Оптимизация процесса удаления фосфора при применении технологии очистки сточных вод с повышенными дозами активного ила // Доклады 66-й научной конференции СПбГАСУ. Ч. II. 2009. С. 8–12.
3. Флотокомбайн для очистки сточных вод / Б.С. Ксенофонтов, А.С. Козодаев, Р.А. Таранов, М.С. Виноградов // Кадры инновационного развития. 2022. № 2. С. 49–57.
4. Интенсификация очистки сточных вод машиностроительных предприятий с использованием реагентных композиций / Б.С. Ксенофонтов, А.С. Козодаев, Р.А. Таранов, М.С. Виноградов, Е.В. Сеник // Безопасность жизнедеятельности. 2020. № 8. С. 16–19.
5. Очистка поверхностных сточных вод с использованием природных фитосистем / Б.С. Ксенофонтов, А.С. Козодаев, Р. А. Таранов, А.А. Воропаева, М.С. Виноградов, Е.В. Сеник // Безопасность жизнедеятельности. 2016. № 7. С. 30–34.
6. Очистка сточных вод мясокомбината / Б.С. Ксенофонтов, Р.А. Таранов, А.С. Козодаев,

А.А. Воропаева, М.С. Виноградов, Е.В. Сеник // Безопасность жизнедеятельности. 2015. № 9. С. 23–27.

7. Губанов Л.Н. Очистка сточных вод птицефабрик с применением биомембранных технологий // Приволжский научный журнал. 2010. № 4. С. 194–201.

8. Aghalari Z., Dahms HU., Sillanpää M. Effectiveness of wastewater treatment systems in removing microbial agents: a systematic review. *Global Health* 16, 13 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12992-020-0546-y>

9. Kesari K.K., Soni R., Jamal Q.M.S. Wastewater Treatment and Reuse: a Review of its Applications and Health Implications. *Water Air Soil Pollut* 232, 208 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05154-8>

10. Bonetta S., Pignata C., Gasparro E. Impact of wastewater treatment plants on microbiological contamination for evaluating the risks of wastewater reuse. *Environ Sci Eur* 34, 20 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00597-0>

11. Сорбционная способность природных сорбентов / С.В. Беленова, В.И. Вигдорович, Н.В. Шель, Л.Е. Цыганкова // Вестник российских университетов. Математика. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sorbtsionnaya-sposobnost-prirodnih-sorbentov> (дата обращения: 18.06.2023).

12. Анализ сорбционных свойств материалов природного и промышленного происхождения / В.Ю. Борисова, В.Э. Завалюев, Н.В. Кондакова, Л.Я. Хайсерова // Фундаментальные исследования. 2016. № 9–2. С. 233–237.

13. Rashid R., Shafiq I., Akhter P. A state-of-the-art review on wastewater treatment techniques: the effectiveness of adsorption method. *Environ Sci Pollut Res* 28, 9050–9066 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12395-x>

14. Garba Z.N., Abdullahi A.K., Haruna A. Risk assessment and the adsorptive removal of some pesticides from synthetic wastewater: a review. *Beni-Suef Univ J Basic Appl Sci* 10, 19 (2021). <https://doi.org/10.1186/s43088-021-00109-8>

15. Kosaiyakanon C., & Kungsanant S. (2019). Adsorption of Reactive Dyes from Wastewater Using Cationic Surfactant-modified Coffee Husk Biochar: DOI: 10.32526/ennrj.18.1.2020.03. *Environment and Natural Resources Journal*, 18(1), 21–32. Retrieved from <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/ennrj/article/view/207229>

16. Проблемы загрязнения окружающей среды и токсикологии: пер. с англ. / под ред. Дж. Уэра. М.: Мир, 1993. 192 с.

17. Климов Е.С., Бузаева М.В. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод. Ульяновск: УлГТУ, 2011. 201 с.

## REFERENCES

1. Yermolin Yu.A., Alekseev M.I. Industrial wastewater treatment as a controlled process. *Voda i jekologija: problemy i reshenija* [Water and Ecology: Challenges and Solutions], 2017, no. 2(70). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/promyshlennaya->

ochistka-stochnyh-vod-kak-upravlyaemyy-protsess (Accessed 14 June 2023).

2. Alekseev M.I., Shotina K.V., Moiges O.V. Optimization of the phosphorus removal process with the use of waste water treatment technology with increased doses of active sludge. *Doklady 66-j nauchnoj konferencii SPbGASU. Ch. II* [Reports of the 66th Scientific Conference of St. Petersburg GASU. PART II]. St. Petersburg, 2009, pp. 8–12. (In Russian).

3. Ksenofontov B.S., Kozodaev A.S., Taranov R.A., Vinogradov M.S. Flotocombine for wastewater treatment. *Kadry innovacionnogo razvitija* [Innovative Development Cadres], 2022, no.2, pp. 49–57. (in Russian)

4. Ksenofontov B.S., Kozodaev A.S., Taranov R.A., Vinogradov M.S., Senik E.V. Intensification of wastewater treatment of machine-building plants using reagent compositions. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [Health and Safety], 2020, no.8, pp. 16–19. (in Russian)

5. Ksenofontov B.S., Kozodaev A.S., Taranov R.A., Voropaeva A.A., Vinogradov M.S., Senik E.V. Surface wastewater treatment using natural phytosystems. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [Health and Safety], 2016, no. 7, pp. 30–34. (in Russian)

6. Ksenofontov B.S., Taranov R.A., Kozodaev A.S., Voropaeva A.A., Vinogradov M.S., Senik E.V. Waste water treatment of meat processing plant. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [Health and Safety], 2015, no. 9, pp. 23–27. (in Russian)

7. Gubanov L.N. Treatment of poultry wastewater using biomembrane technologies. *Privolzhskij nauchnyj zhurnal* [Volga Scientific Journal], 2010, no. 4, pp. 194–201. (in Russian)

8. Aghalari Z., Dahms HU., Sillanpää M. Effectiveness of wastewater treatment systems in removing microbial agents: a systematic review. *Global Health*. 2020. DOI: 10.1186/s12992-020-0546-y

9. Kesari K.K., Soni R., Jamal Q.M.S. Wastewater Treatment and Reuse: a Review of its Applications and Health Implications. *Water Air Soil Pollut*. 2021. DOI: 10.1007/s11270-021-05154-8

10. Bonetta S., Pignata C., Gasparro E. Impact of wastewater treatment plants on microbiological contamination for evaluating the risks of wastewater reuse. *Environ Sci Eur*. 2022). DOI: 10.1186/s12302-022-00597-0

11. Belenova S.V., Vigdorovich V.I., Shel N.V., Tsygankova L.E. Sorption capacity of natural sorbents. *Vestnik Rossijskikh universitetov. Matematika* [Bulletin of Russian universities. Mathematics], 2015, no. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sorbtsionnaya-sposobnost-prirodnih-sorbentov> (accessed 18 July 2023).

12. Borisova V.Yu., Zavaluyev V.E., Kondakova N.V., Khayserova L.Ya. Analysis of sorption properties of materials of natural and industrial origin. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic Researches], 2016, no. 9–2, pp. 233–237. (in Russian)

13. Rashid R., Shafiq I., Akhter P. A state-of-the-art review on wastewater treatment techniques: the

effectiveness of adsorption method. *Environ Sci Pollut Res*. 2021. DOI: 10.1007/s11356-021-12395-x

14. Garba Z.N., Abdullahi A.K., Haruna A. Risk assessment and the adsorptive removal of some pesticides from synthetic wastewater: a review. *Beni-Suef Univ J Basic Appl Sci*. 2021. DOI: 10.1186/s43088-021-00109-8

15. Kosaiyakanon C., & Kungsanant S. Adsorption of Reactive Dyes from Wastewater Using Cationic Surfactant-modified Coffee Husk Biochar. *Environment and Natural Resources Journal*. 2019. DOI: 10.32526/enrj.18.1.2020.03

16. Ware J. *Problemy zagryazneniya okruzhajushhej sredy i toksikologii* [Environmental Pollution and Toxicology Issues]. Moscow, Mir, 1993. 192 p.

17. Klimov E.S., Buzaeva M.V. *Prirodnye sorbenty i kompleksy v ochistke stochnyh vod* [Natural sorbents and complexes in wastewater treatment]. Ulyanovsk, UISTU, 2011. 201 p.

Об авторах:

**БРЮХОВ Михаил Николаевич**

аспирант, заместитель директора архитектурно-строительного института, научный сотрудник кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем Южно-Уральский государственный университет 454080, Россия, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, 76 E-mail: briukhovmn@susu.ru

**УЛЬРИХ Дмитрий Владимирович**

доктор технических наук, доцент, директор архитектурно-строительного института, заведующий кафедрой градостроительства, инженерных сетей и систем Южно-Уральский государственный университет 454080, Россия, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, 76 E-mail: ulrikhdv@susu.ru

**ЛОНЗИНГЕР Татьяна Мопровна**

кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник кафедры материаловедения и физико-химии материалов Южно-Уральский государственный университет 454080, Россия, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, 76 E-mail: lonzingertm@susu.ru

**ДЕНИСОВ Сергей Егорович**

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем Южно-Уральский государственный университет 454080, Россия, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, 76 E-mail: denisovse@susu.ru

**BRYUKHOV Mikhail N.**

Postgraduate student, Deputy Director of the Institute of Architecture and Civil Engineering, Research Associate of the Urban Planning, Engineering Networks and Systems Chair South Ural State University 454080, Russia, Chelyabinsk, V.I. Lenin pr., 76 E-mail: briukhovmn@susu.ru

**ULRIKH Dmitrii V.**

Doctor of Engineering Science, Associate Professor, Director of the Institute of Architecture and Civil Engineering, Head of the Urban Planning, Engineering Networks and Systems Chair South Ural State University 454080, Russia, Chelyabinsk, V.I. Lenin pr., 76 E-mail: ulrikhdv@susu.ru

**LONZINGER Tatiana M.**

PhD in of Engineering Sciences, Associate Professor, Research Associate of the Materials Science and Physical Chemistry of Materials Chair South Ural State University 454080, Russia, Chelyabinsk, V.I. Lenin pr., 76 E-mail: lonzingertm@susu.ru

**DENISOV Sergey E.**

Doctor of Engineering Science, Professor, Professor of the Urban Planning, Engineering Networks and Systems Chair South Ural State University 454080, Russia, Chelyabinsk, V.I. Lenin pr., 76 E-mail: denisovse@susu.ru

Для цитирования: Брюхов М.Н., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М., Денисов С.Е. Роль природных сорбентов и отходов трубного производства в очистке кислых железосодержащих сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 11–19. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.02.

For citation: Bryukhov M.N., Ulrikh D.V., Lonzinger T.M., Denisov S.E. The role of natural sorbents and piping production waste in the treatment of acid iron-containing waste water. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 11–19. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.02.

Е. С. ГОГИНА  
И. А. ГУЛЬШИН  
Е. В. СПАСИБО

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДАЛЕНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СООРУЖЕНИИ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ТИПА

EFFICIENCY OF NUTRIENT REMOVAL IN AN OXIDATION DITCHES

*Изменения в законодательстве, относящиеся к сбросу очищенной сточной воды, приводят к необходимости совершенствования методов ее очистки. В работе представлены результаты эксперимента, проведенного на лабораторной модели циркуляционного окислительного канала, с целью определения возможности проведения глубокой биологической очистки сточных вод в данном сооружении. Сделан упор на энергоэффективность технологии ввиду тенденции снижения эксплуатационных затрат на станциях биологической очистки. По результатам эксперимента сделаны выводы, на основании которых планируется выполнение дальнейших исследований.*

**Ключевые слова:** очистка сточных вод, активный ил, циркуляционный окислительный канал

Сегодня, наряду с интенсификацией работы технологических схем канализационных очистных сооружений (КОС), стоит задача повышения энергоэффективности и сокращения затрат при эксплуатации КОС. Одним из важных элементов при реализации поставленных задач является биологическая ступень очистки сточных вод, в частности удаление биогенных элементов, повышенное содержание которых на выпуске в водоем приводит к его эвтрофикации. Эффективное удаление азота и фосфора осуществляется в основном в сооружениях аэрационного типа, в большинстве случаев в аэротенках, на которые приходится основное энергопотребление КОС, связанное с работой систем аэрации, а также перемешивающих устройств [1].

В конце XX в. произошло ужесточение нормативов концентраций загрязнений при сбросе сточных вод в водоем, в частности по биогенным элементам (соединениям азота и фосфора), в результате многие действующие сооружения нуждаются в реконструкции – изменении технологии очистки. Как известно, классический аэротенк не позволяет получить положительный результат по удалению биогенных элементов из-за отсутствия предусмотренных для этого технологических процессов [2].

*Changes in legislation related to the discharge of treated wastewater lead to the need to improve the methods of its treatment. This paper presents the results of an experiment conducted on a laboratory model of an oxidation ditches in order to determine the possibility of deep biological wastewater treatment in this facility. Emphasis has been placed on the energy efficiency of the technology, in view of the trend towards lower operating costs at biological treatment plants. Based on the results of the experiment, conclusions were drawn, on the basis of which further research is planned.*

**Keywords:** wastewater treatment, activated sludge, oxidation ditches

В настоящее время качество очищенной воды в РФ регламентируется следующими документами: Приказом Минсельхоза № 552 от 13.12.2016 и Постановлением Правительства РФ № 1430 от 15.09.2020.

Согласно ИТС-10-2019, разработаны схемы (наилучшие доступные технологии (НДТ), позволяющие добиться нормативных показателей по сбросу очищенной воды по биогенным и другим загрязнениям.

Глубокое удаление азота и фосфора достигается путем создания в аэрационных сооружениях зон с различными концентрациями кислорода.

В настоящее время в мире широко применяются циркуляционные окислительные каналы (ЦОК), как перспективное решение для снижения энергозатрат, капитальных затрат на очистку сточных вод [3].

Циркуляционный окислительный канал является одним из самых ранних аэрационных сооружений биологической очистки сточных вод, упоминающийся еще в начале XX столетия. Сооружение обеспечивает биохимическое окисление загрязняющих веществ и минерализацию активного ила, без необходимости первичного отстаивания сточных вод, что значительно упрощает технологическую схему КОС. В то же время конструктивные особенности

ЦОК позволяют значительно снижать негативное воздействие от залповых сбросов сточных вод и высокой суточной неравномерности, предотвращая нарушение стабильности системы и обеспечивая равномерное качество очистки сточных вод. При этом эксплуатация ЦОК во многих случаях не требует высокой квалификации операторов, что позволяет применять данные сооружения в отдаленных малых поселениях, рабочих поселках, закрытых предприятиях и в прочих местах, где возможны определенные трудности с подбором требуемого персонала.

Классический циркуляционный окислительный канал представляет собой замкнутый канал, с направленным потоком, круглой, овальной или подковообразной формы, что позволяет создать повышенную внутреннюю рециркуляцию иловой смеси [4].

Изначально внутренний циркуляционный поток создавался системами поверхностной аэрации. Подобные системы имеют ряд эксплуатационных недостатков, в первую очередь связанных с высокой неравномерностью распределения растворенного кислорода в сооружении, хотя и отличаются крайней простотой в обслуживании и эксплуатации по сравнению с системами пневматической аэрации. При этом первые сооружения ЦОК работали исключительно в режиме продленной аэрации с продолжительностью пребывания в них сточных вод до 10–15 сут. Работая практически без участия операторов и обслуживающего персонала подобные ЦОК позволяли достигать действующих на тот момент нормативов по качеству сточной воды и, кроме того, обеспечивая некоторую стабилизацию осадка и активного ила. Большая площадь ЦОК в какой-то мере компенсировалась отсутствием первичных отстойников и усреднителей на КОС. Ужесточение нормативных требований к степени очистки сточных вод выявило ряд недостатков конструкций ЦОК подобного типа.

Для успешного удаления соединений азота по классической двухзонной схеме необходимо поддержание определенных кислородных условий для реализации процессов нитрификации и денитрификации, что обычно успешно реализуется либо в сооружениях проточного типа (коридорные аэротенки), либо в сооружениях циклического действия (SBR).

В циркуляционном окислительном канале, в условиях замкнутого потока с высокой горизонтальной скоростью, создание отдельных вырванных кислородных зон по длине сооружения довольно затруднительно.

В случае с ЦОК неоднократно было выявлено, что довольно сложно установить баланс между минимальной необходимой скоростью

потока и требуемыми аноксидными условиями [6, 7]. В то же время расчеты, выполненные С. Алайя, показывают, что при неравномерных и высоких нагрузках по органическим загрязнениям значительно снижаются объемы аэробных зон и в большей части сооружения возникает дефицит кислорода [8].

Современные системы автоматизации позволяют в некоторой степени преодолеть недостатки устройств пневматической аэрации путем использования пневматических систем совместно с независимыми от них погружными мешалками, предназначенными для перемешивания потоков жидкости и создающих устойчивый поток иловой смеси. Но комбинация аэраторов и погружной мешалки не может разделить кислородные зоны в сооружениях циркуляционного типа должным образом. Для создания аноксидных и аэробных макрозон была предложена глубокая оптимизация градиентного распределения концентрации растворенного кислорода по длине сооружений за счет активности биомассы и расчета скорости потока [9–11].

Риттманом и Лангеландом в конце XX в. были изложены основные механизмы одновременной нитрификации и денитрификации (ОНД), возникающей в ЦОК. Особенностью является то, что протекание реакций нитри-денитрификации происходит в одном и том же реакторе в одинаковых условиях за счет градиента концентрации растворенного кислорода внутри флокул активного ила [12]. В рамках поиска энергоэффективных решений для биологической очистки сточных вод в НИУ МГСУ было проведено исследование процесса ОНД в ЦОК. В результате была подтверждена эффективность ОНД в качестве альтернативы созданию отдельных кислородных макрозон при концентрациях кислорода в диапазоне 0,4–0,6 мг/л, также выявлены максимальные скорости нитри-денитрификации. Немаловажным стало определение необходимости адаптации биомассы к условиям с низким содержанием кислорода [13]. Исследования показали, что, несмотря на достижение нормативных показателей качества очистки сточных вод при сниженных эксплуатационных затратах, системы ОНД в ЦОК с низким содержанием кислорода обладают повышенным риском нарушения стабильности, особенно в части нитчатого вспухания активного ила. Для решения данной проблемы было решено провести дополнительное исследование, направленное на совмещение ОНД с гранулированием активного ила непосредственно в ЦОК. Для селекции флокул активного ила по размерам в конструкции ЦОК был предусмотрен встроенный вторичный отстойник. Ранее встраиваемые в ЦОК вторич-

ные отстойники рассматривались в основном как способ снижения занимаемых сооружениями площадей [14,15]. Продолжение исследование было проведено на базе научно-исследовательской лаборатории «Технология очистки природных и сточных вод» НИИСФ РААСН.

В рамках данного исследования представлена конструкция ЦОК с условным выделением аноксидных и аэробных макрозон. Благодаря созданию условий для грануляции активного ила оказалась возможной денитрификация внутри флокул активного ила при повышенном содержании растворенного кислорода в зонах ЦОК.

### Материалы и методы

В качестве сточной воды использовалась модельная жидкость на основе пептона основного и растворов азото- и фосфорсодержащих солей (хлорид аммония, ацетат кальция, фосфат калия), сопоставимая по своему химическому составу со сточной водой малых населенных пунктов Российской Федерации. Химический состав рассматриваемой модельной жидкости представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав модельной жидкости

| Показатель         | Значение, мг/л |
|--------------------|----------------|
| $\text{NH}_4^+$    | 39,6–49,7      |
| $\text{БПК}_5$     | 118–144        |
| Взвеш.вещества     | 121–135        |
| $\text{PO}_4^{3-}$ | 13,1–14,5      |

Для проведения химического анализа основных показателей использовалось следующее лабораторное оборудование: спектрофотометр Nach Lange DR 3900 (исследуемый параметр – аммоний, фосфат, нитрит и нитрат), WTW OxiTop (исследуемый параметр –  $\text{БПК}_5$ ), Metter Toledo SevenGoPro (исследуемый параметр – pH, кислород), взвешенные вещества контролировались стандартными методами.

Достаточно протяжённые коридоры исследуемой модели ЦОК позволили создать градиент растворенного кислорода по длине. Общий объем установки составлял 144 л. Аэрация ЦОК обеспечивалась мелкопузырчатými аэраторами, расположенными в точке после отвода воды на вторичный отстойник. Кольцевое движение потока жидкости обеспечивалось погружными мешалками с регулируемой частотой вращения. Подача исходной модельной жидкости осуществлялась насосами-дозаторами из емкостей.

Согласно исследованиям [16,17], эффективность ОНД резко возрастает, когда размер флокул активного ила превышает 110 мкм, что связано с более устойчивыми бескислородными микрозонами во флокулах. Поэтому для интенсификации процесса ОНД в исследуемой модели ЦОК был размещен вторичный отстойник, обеспечивающий отделение активного ила и отвод очищенной сточной воды. Конструкция отстойника обеспечивала задержание в ЦОК крупных флокул активного ила и отвод мелких, что необходимо для поддержания процесса аэробной грануляции. На размер флокул и грануляцию также влияло отсутствие механического воздействия на них со стороны перекачивающего насосного оборудования рециркуляции. Для проверки эффективности работы встроенного вторичного отстойника был проведен сравнительный анализ распределения флокул по размерам методом лазерной дифракции. Средние размеры флокул по эквивалентному диаметру составили 410 мкм. Лабораторная модель ЦОК представлена на рис. 1.

По длине коридоров ЦОК создавался градиент растворенного кислорода по направлению движения иловой смеси, что создавало аноксидные и аэробные зоны по длине установки. При этом в целом в системе поддерживался режим с низким содержанием кислорода для возможности осуществления ОНД. Первая кислородная зона располагалась в месте подачи воздуха, вторая – в месте отвода очищенных сточных вод. Было изучено два кислородных режима для данной установки:

- кислородный режим 1. Первая зона – 2,5 мг/дм<sup>3</sup>, вторая зона – 1,3 мг/дм<sup>3</sup>, средняя концентрация – 1,9 мг/дм<sup>3</sup>;
- кислородный режим 2. Первая зона – 1,9 мг/дм<sup>3</sup>, вторая зона – 0,15 мг/дм<sup>3</sup>, средняя концентрация – 1,03 мг/дм<sup>3</sup>.

Распределение растворенного кислорода по зонам осуществлялось путем регулирования интенсивности аэрации и скорости потока. Скорость потока, кроме того, влияла на значение степени внутренней рециркуляции. Скорость потока и степень внутренней рециркуляции в зависимости от кислородных режимов показаны в табл. 2.

### Результаты

В ходе эксперимента были проведены количественные химические анализы, которые описывают степень очистки сточной воды в исследуемой установке. Отбор проб производился с определенной частотой в двух точках: 1 – вход и 2 – выход.

Усредненная эффективность работы системы представлена в табл. 3.

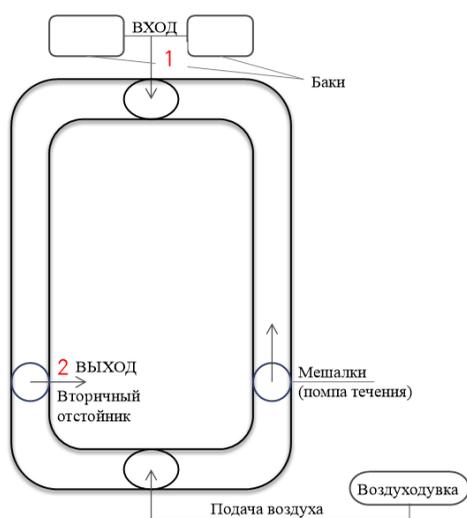


Рис. 1. Схема и изображение лабораторной установки (точки отбора проб отмечены красным цветом)

Таблица 2

Распределение технологических параметров работы установки по режимам на третьем этапе экспериментального исследования

| Режим | Средняя концентрация растворенного кислорода, мг/дм <sup>3</sup> | Скорость течения иловой смеси, м/с | Степень внутренней рециркуляции, % |
|-------|--|------------------------------------|------------------------------------|
| 1     | 1,90   | 0,2                                | 250                                |
| 2     | 1,03   | 0,25                               | 350                                |

Таблица 3

Усредненные показатели работы установки

| Режим | Растворенный кислород (средн.), O <sub>2</sub> мг/дм <sup>3</sup> | Точка отбора | Доза активного ила, г/дм <sup>3</sup> | БПК <sub>5</sub> , мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup> |
|-------|---|--------------|---------------------------------------|--|---|---|---|--|
| 1     | 1,90  | ВХОД         | 1,113                                 | 144  | 39,56   | –   | –   | 14,5   |
|       |   | ВЫХОД        |                                       | 5,2  | 0,46  | 0,07  | 21,2  | 10,1   |
| 2     | 1,03  | ВХОД         | 1,471                                 | 115  | 49,66   | –   | –   | 13,5   |
|       |   | ВЫХОД        |                                       | 3,1  | 0,66  | 0,09  | 11,2  | 8,3  |

Результаты санитарно-химических анализов по отдельным пробам представлены в табл. 4, 5.

Точка (1) характеризует вход – поступающую модельную жидкость, соответствующую очищаемой сточной воде.

Точка (2) характеризует очищенную сточную воду на выходе. Отдельно измерялась доза активного ила в биореакторе. В целом при обеспечении необходимых кислородных условий, поддержания требуемой нагрузки на активный ил и гидродинамического режима работы сооруже-

жения можно достичь качества очистки сточных вод, удовлетворяющего современным требованиям законодательства Российской Федерации.

Данное исследование нацелено на изучение работы циркуляционного окислительного канала с зонированными кислородными макрозонами, расположенными по длине установки. Было изучено два технологических режима работы установки, отличающихся кислородными условиями работы и степенью внутренней рециркуляции. Наличие аэробной зоны повысило стабильность

Таблица 4

Результаты анализов точки (1)

| Анализ | Режим | БПК <sub>5</sub> ,<br>мгО <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup> | NH <sub>4</sub> ,<br>мг/ дм <sup>3</sup> | NO <sub>2</sub> ,<br>мг/ дм <sup>3</sup> | NO <sub>3</sub> ,<br>мг/ дм <sup>3</sup> | PO <sub>4</sub> ,<br>мг/ дм <sup>3</sup> | Взвешенные<br>вещества,<br>мг/ дм <sup>3</sup> |
|--------|-------|--|--|--|--|--|--|
| 1      | 1     | 156  | 44,51                                    | –  | –  | 15,1                                     | 139,88   |
| 2      |       | 138  | 39,82                                    | –  | –  | 14,9                                     | 141,25   |
| 3      |       | 146  | 38,73                                    | –  | –  | 15,1                                     | 145,26   |
| 4      |       | 149  | 46,12                                    | –  | –  | 14,8                                     | 124,33   |
| 5      |       | 151  | 37,56                                    | –  | –  | 13,2                                     | 128,56   |
| 6      | 2     | 126  | 56,23                                    | –  | –  | 14,8                                     | 128,12   |
| 7      |       | 114  | 47,85                                    | –  | –  | 14,1                                     | 131,54   |
| 8      |       | 105  | 48,55                                    | –  | –  | 13,8                                     | 115,48   |
| 9      |       | 111  | 49,62                                    | –  | –  | 12,8                                     | 119,23   |
| 10     |       | 106  | 52,31                                    | –  | –  | 12,3                                     | 129,22   |

Таблица 5

Результаты анализов точки (2)

| Анализ | Режим | БПК <sub>5</sub> ,<br>мгО <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup> | NH <sub>4</sub> ,<br>мг/ дм <sup>3</sup> | NO <sub>2</sub> ,<br>мг/ дм <sup>3</sup> | NO <sub>3</sub> ,<br>мг/ дм <sup>3</sup> | PO <sub>4</sub> ,<br>мг/ дм <sup>3</sup> | Взвешенные<br>вещества,<br>мг/ дм <sup>3</sup> |
|--------|-------|--|--|--|--|--|--|
| 1      | 1     | 6,4  | 0,65                                     | 0,09                                     | 23,5                                     | 10,3                                     | 7,81   |
| 2      |       | 4,1  | 0,32                                     | 0,12                                     | 19,5                                     | 10,5                                     | 5,23   |
| 3      |       | 4,5  | 0,59                                     | 0,08                                     | 24,6                                     | 12,4                                     | 2,16   |
| 4      |       | 5,8  | 0,62                                     | 0,04                                     | 20,8                                     | 10,3                                     | 2,59   |
| 5      |       | 5,9  | 0,37                                     | 0,12                                     | 17,7                                     | 8,3                                      | 4,77   |
| 6      | 2     | 2,6  | 0,79                                     | 0,07                                     | 8,4                                      | 8,8                                      | 2,69   |
| 7      |       | 2,4  | 0,66                                     | 0,08                                     | 10,4                                     | 8,2                                      | 3,25   |
| 8      |       | 2,6  | 0,62                                     | 0,09                                     | 10,8                                     | 7,8                                      | 2,36   |
| 9      |       | 2,3  | 0,51                                     | 0,04                                     | 11,1                                     | 7,9                                      | 1,96   |
| 10     |       | 2,4  | 0,39                                     | 0,08                                     | 14,9                                     | 8,6                                      | 3,58   |

системы, нитчатого вспухания обнаружено не было. В целом лабораторный реактор показал достаточную эффективность при очистке сточных вод от органических соединений и азота. Эффективность очистки представлена на рис. 2.

Одной из задач исследования являлось определение параметров кинетики ферментативной активной ила. Определялись скорости окисления органических загрязнений (по БПК<sub>5</sub>) и нитрификации. Определение было основано на построении графиков обратных величин (Лайнувера – Берка) с дальнейшим определением констант уравнения Михаэлиса – Ментен (максимальной скорости реакции и константы Михаэлиса). Полученные значения для скоростей окисления органических загрязнений и нитрификации показаны в табл. 6.

Полученные таким образом зависимости Михаэлиса-Ментен визуализированы в виде графических зависимостей на рис. 3 и 4.

Таблица 6

Константы Михаэлиса-Ментена для скорости окисления органики

| Режим | Окисление органики |                | Нитрификация     |                |
|-------|--------------------|----------------|------------------|----------------|
|       | V <sub>max</sub>   | K <sub>m</sub> | V <sub>max</sub> | K <sub>m</sub> |
| 1     | 33,90              | 8,98           | 4,22             | 0,02           |
| 2     | 27,17              | 6,29           | 4,44             | 0,04           |

Сведения об эффективности очистки и минимальных концентрациях загрязнений в очищенной воде представлены в табл. 7.

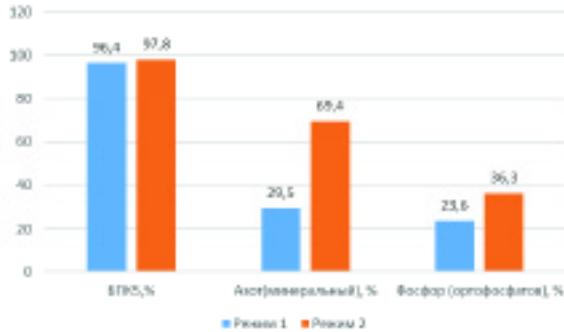


Рис. 2. Эффективность очистки при различных кислородных режимах

Уравнения скоростей реакций окисления органических загрязнений и нитрификации, построенные на основании констант Михаэлиса-Ментена, представлены в табл. 8.

В ходе эксперимента изучена лабораторная модель циркуляционного окислительного канала с выраженными кислородными макрозонами, выявлена эффективность очистки по нескольким показателям, а также установлены значения скоростей реакций нитрификации и окисления органических загрязнений для двух исследуемых режимов лабораторной установки, моделирующей циркуляционный окислительный канал.

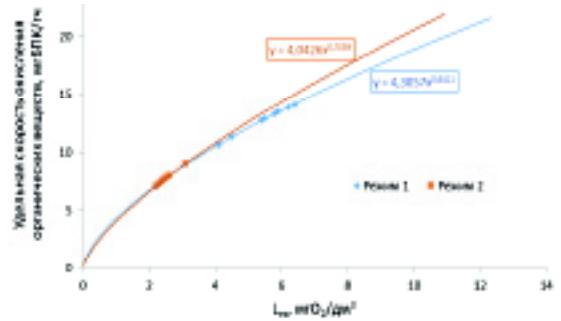


Рис. 3. Зависимости удельных скоростей окисления органических веществ от величины БПК5 в очищенной сточной воде

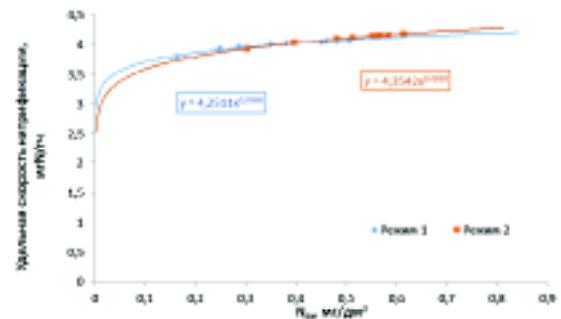


Рис. 4. Зависимости удельных скоростей нитрификации от остаточных концентраций азота аммонийного в очищенной сточной воде

Таблица 7

Эффективность очистки воды по этапам

| Режим | БПК       |  | Аммоний-ион | Нитриты | Нитраты | Минеральный азот | Фосфаты   |  |
|-------|-----------|--|-------------|---------|---------|------------------|-----------|--|
|       | Эффект, % | Минимальная концентрация, мг/дм <sup>3</sup> |             |         |         | Эффект, %        | Эффект, % | Минимальная концентрация, мг/дм <sup>3</sup> |
| 1     | 96,4      | 4,1  | 0,21        | 0,02    | 17,7    | 29,5             | 23,6      | 8,3  |
| 2     | 97,8      | 2,2  | 0,39        | 0,04    | 8,4     | 69,4             | 36,3      | 7,8  |

Таблица 8

Скорости реакций окисления органических загрязнений и нитрификации

| Режим | Удельная скорость окисления органических загрязнений |                                  | Удельная скорость нитрификации                      |                                   |
|-------|--|----------------------------------|---|-----------------------------------|
|       | моно   | степенная                        | моно  | степенная                         |
| 1     | $v_{3-1} = \frac{33,90 \cdot L_{ex}}{8,98 + L_{ex}}$ | $v_{3-1} = 4.3057L_{ex}^{0,641}$ | $v_{3-1} = \frac{4,22 \cdot N_{ex}}{0,02 + N_{ex}}$ | $v_{3-1} = 4.2511N_{ex}^{0,0588}$ |
| 2     | $v_{3-2} = \frac{27,17 \cdot L_{ex}}{6,29 + L_{ex}}$ | $v_{3-2} = 4.0426L_{ex}^{0,706}$ | $v_{3-2} = \frac{4,44 \cdot N_{ex}}{0,04 + N_{ex}}$ | $v_{3-2} = 4.3542N_{ex}^{0,0838}$ |

**Выводы.** По результатам эксперимента в циркуляционном окислительном канале при режиме 2 на модельной сточной воде получены показатели очищенной воды, удовлетворяющие действующим нормативным требованиям. Показано успешное применение низкокислородного режима в ЦОК с образованием флокул активного ила, как в случае эксплуатации сооружения на реальных очистных сооружениях в режиме энергоэффективности.

Глубокое удаление фосфора в циркуляционных окислительных каналах без включения в схему предварительной анаэробной обработки трудноосуществимо. К тому же успешный процесс биологического удаления фосфора зависит от некоторых факторов, например таких, как доступность органического вещества. Для реализации процесса дефосфотации на сооружениях очистки малых и средних расходов сточных вод рекомендуется применять физико-химические методы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Березин С.Е., Баженов В.И. Воздуходувные станции с регулируемыми центробежными компрессорами. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. 188 с.
2. Гульшин И.А., Гогина Е.С. Одноиловая система низкокислородной технологии глубокой очистки сточных вод от соединений азота // Вода и экология: проблемы и решения. 2019. № 4(80). С. 9–19.
3. Гогина Е.С., Гульшин И.А. Перспективы развития технологий очистки сточных вод с глубоким удалением азота в аэрационных сооружениях циркуляционного типа // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2020 году: сб. науч. тр. РААСН: в 2 т. / РААСН. М.: Изд. АСВ, 2021. С. 47–51.
4. Xu X., Wei W., Liu F., Wei W., Liu Z. Experimental study on aeration efficiency in a pilot-scale decelerated oxidation ditch equipped with fine bubble diffusers and impellers. *Can. J. Chem. Eng.* 2021. N. 99. P. 1410–1420.
5. Subtil E.L., Silva M.V., Lotto B.A., Moretto M.R.D., Mierzwa J.C. Pilot-scale investigation on the feasibility of simultaneous nitrification and denitrification (SND) in a continuous flow single-stage membrane bioreactor. *J. Water Process. Eng.* 2019. N. 32. 100995.
6. Deronzier G. Optimization of oxygen transfer in clean water by fine bubble diffused air system and separate mixing in aeration ditches / Duchene P., Heduit A. // *Water science and technology.* 1998. I. 38. N. 3. P. 35–42.
7. Ekama G.A. Procedures for determining influent COD fractions and the maximum specific growth rate of heterotrophs in activated sludge systems / Dold P.L., Marais G.R. // *Water Science and Technology.* 1986. I. 18. N. 6. P. 91–114.
8. Fayolle Y. Aeration and mixing in loop reactors equipped with fine bubble diffusers and slow speed mixers: a full scale study // *Proceedings of the Water Environment Federation.* 2011. I. 2011. N. 18. P. 357–367.
9. Баженов В.И. Комплексная рециркуляционная модель биохимических процессов аэробной биологической очистки: дис. ... доктора техн. наук: 03.00.23: защищена 2009 г. Щелково, 2009. 445 с.
10. Баженов В.И., Канунникова М.А. Механизм адаптации активного ила к низким концентрациям кислорода // *Достижения науки и техники АПК.* 2012. № 9. С. 82–84.
11. Баженов В.И. Принцип продольной рециркуляции в аэротенках карусельного типа // *Водоснабжение и канализация.* 2014. № 11–12. С. 101–111.
12. Rittmann В.Е., Langeland W.E. Simultaneous denitrification with nitrification in single-channel oxidation ditches. *J. Water Pollut. Control Fed.* 1985, N. 57, P. 300–308.
13. Гульшин И.А. Разработка технологии биологической очистки сточных вод от соединений азота в аэрационных сооружениях циркуляционного типа в низкокислородных условиях: дис. ... канд. техн. наук. М., 2018. 166 с.
14. Hallin S. et al. Relationship between N-cycling communities and ecosystem functioning in a 50-year-old fertilization experiment // *The ISME journal.* 2009. V. 3. N. 5. P. 597.
15. Hao O.J., Huang J. Alternating aerobic-anoxic process for nitrogen removal: process evaluation // *Water Environment Research.* 1996. V. 68. N. 1. P. 83–93.
16. Pochana K., Keller J. Study of factors affecting simultaneous nitrification and denitrification (SND). *Water Sci. Technol.* 1999, V. 39, P. 61–68.
17. Xu D., Li J., Ma T. Rapid aerobic sludge granulation in an integrated oxidation ditch with two-zone clarifiers. *Water Res.* 2020, V. 175, 115704.

## REFERENCES

1. Berezin S.E. Bazhenov V.I. *Vozduhoduvnyye stancii s reguliruemymi centrobezhnyimi kompressorami* [Air blowing stations with adjustable centrifugal compressors]. Simferopol, IT «ARIAL», 2019. 188 p.
2. Gulshin I.A., Gogina E.S. Single-phase system of low-oxygen technology for deep purification of wastewater from nitrogen compounds. *Voda i jekologija: problema i reshenija* [Water and Ecology: Challenges and Solutions], 2019, no. 4 (80), pp. 9–19. (in Russian)
3. Gogina E.S., Gulshin I.A. Prospects for Development of Waste Water Treatment Technologies with Deep Nitrogen Removal in Circulation-Type Aeration Facilities. *Fundamental'nye, poiskovye i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniju razvitiya arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noj otrasli Rossijskoj Federacii v 2020 godu: sbornik nauchnyh trudov RAASN: v 2 t. / Rossijskaja akademija arhitektury i stroitel'nyh nauk (RAASN)* [Fundamental, search and applied research of RAASN on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2020: a collection of scientific works of RAASN: in 2 volumes / Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAASN)]. Moscow, ASV, 2021, pp. 47–51. (In Russian).

4. Xu X., Wei W., Liu F., Wei W., Liu Z. Experimental study on aeration efficiency in a pilot-scale decelerated oxidation ditch equipped with fine bubble diffusers and impellers. *Can. J. Chem. Eng.* 2021. N. 99. P. 1410–1420.
5. Subtil E.L., Silva M.V., Lotto B.A., Moretto M.R.D., Mierzwa J.C. Pilot-scale investigation on the feasibility of simultaneous nitrification and denitrification (SND) in a continuous flow single-stage membrane bioreactor. *J. Water Process. Eng.* 2019. N. 32. 100995.
6. Deronzier G. Optimization of oxygen transfer in clean water by fine bubble diffused air system and separate mixing in aeration ditches. *Water science and technology.* 1998. I. 38. N. 3. P. 35–42.
7. Ekama G.A. Procedures for determining influent COD fractions and the maximum specific growth rate of heterotrophs in activated sludge systems. *Water Science and Technology.* 1986. I. 18. N. 6. P. 91–114.
8. Fayolle Y. Aeration and mixing in loop reactors equipped with fine bubble diffusers and slow speed mixers: a full scale study. *Proceedings of the Water Environment Federation.* 2011. I. 2011. N. 18. P. 357–367.
9. Bazhenov V.I. *Kompleksnaja recirkuljacionnaja model' biohimicheskikh processov ajerobnoj biologicheskoy ochistki. Doct. Diss.* [Integrated recirculation model of biochemical processes of aerobic biological purification. *Doct. Diss.*] Shchjol'kovo, 2009. 445 p.
10. Bazhenov V.I., Kanunnikova M.A. *Mechanism of adaptation of active sludge to low oxygen concentrations. Dostizhenija nauki i tehniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex], 2012, no. 9, pp. 82–84. (in Russian)
11. Bazhenov V.I. Principle of longitudinal recirculation in carousel type aeration tanks. *Vodosnabzhenie i kanalizacija* [Water Supply and Sewerage], 2014, no. 11–12, pp. 101–111. (in Russian)
12. Rittmann B.E., Langeland W.E. Simultaneous denitrification with nitrification in single-channel oxidation ditches. *J. Water Pollut. Control Fed.* 1985, N. 57, P. 300–308.
13. Gulshin I.A. *Razrabotka tehnologii biologicheskoy ochistki stochnyh vod ot soedenenij azota v ajeracionnyh sooruzhenijah cirkuljacionnogo tipa v nizkokislorodnyh uslovijah. Cand. Diss.* [Development of Technology for Biological Treatment of Waste Water from Nitrogen Compounds in Circulation-Type Aeration Facilities under Low-Oxygen Conditions. *Cand. Diss.*] Moscow, 2018. 166 p.
14. Hallin S. et al. Relationship between N-cycling communities and ecosystem functioning in a 50-year-old fertilization experiment. *The ISME journal.* 2009. V. 3. N. 5. P. 597.
15. Hao O.J., Huang J. Alternating aerobic-anoxic process for nitrogen removal: process evaluation. *Water Environment Research.* 1996. V. 68. N. 1. P. 83–93.
16. Pochana K., Keller J. Study of factors affecting simultaneous nitrification and denitrification (SND). *Water Sci. Technol.* 1999, V. 39, P. 61–68.
17. Xu D., Li J., Ma T. Rapid aerobic sludge granulation in an integrated oxidation ditch with two-zone clarifiers. *Water Res.* 2020, V. 175, 115704.

Об авторах:

**ГОГИНА Елена Сергеевна**

кандидат технических наук, доцент,  
главный научный сотрудник  
Научно-исследовательский институт строительной  
физики РААСН  
127238, Россия, г. Москва, Локомотивный проезд, 21,  
тел. (495) 482-40-76  
E-mail: gogina-es@yandex.ru

**ГУЛЬШИН Игорь Алексеевич**

кандидат технических наук  
Национальный исследовательский Московский  
государственный строительный университет  
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,  
тел. (495) 781-99-88  
E-mail: info@mgsu.ru

**СПАСИБО Елена Васильевна**

инженер Научно-исследовательский институт  
строительной физики РААСН  
127238, Россия, г. Москва, Локомотивный проезд, 21,  
тел. (495) 482-40-76  
E-mail: niisf@niisf.ru

**GOGINA Elena S.**

PhD in of Engineering Sciences, Associate Professor  
Chief researcher  
Research Institute of Construction Physics RAASN  
127238, Russia, Moscow, Lokomotivny proezd, 21,  
tel. (495) 482-40-76  
E-mail: gogina-es@yandex.ru

**GULSHIN Igor A.I.**

PhD in of Engineering Sciences  
National Research Moscow State University  
of Civil Engineering  
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26,  
tel. (495) 781-99-88  
E-mail: info@mgsu.ru

**SPASIBO Elena V.**

Engineer  
Research Institute of Construction Physics RAASN  
127238, Russia, Moscow, Lokomotivny proezd, 21,  
tel. (495) 482-40-76  
E-mail: niisf@niisf.ru

Для цитирования: Гогина Е.С., Гульшин И.А., Спасибо Е.В. Эффективность удаления биогенных элементов в сооружении циркуляционного типа // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 20–27. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.03.

For citation: Gogina E.S., Gulshin I.A., Spasibo E.V. Efficiency of nutrient removal in an oxidation ditches. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 20–27. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.03.

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

## ОБРАБОТКА, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ВЫПУСКОВ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГОРОДА САМАРЫ

PROCESSING, MODELING, FORECASTING OF INDIVIDUAL INDICATORS OF SURFACE  
WASTEWATER FOR RELEASES OF THE HISTORICAL PART OF SAMARA

*Изучено качество поверхностных сточных вод крупного промышленного центра на примере исторического центра Самары. Определены показатели, которые в будущем могут оказать негативное воздействие на бытовую систему канализации, в частности на городские очистные канализационные сооружения. При помощи математической обработки восполнены пропуски в имеющихся данных, выявлена взаимосвязь показателей между собой, их влияние друг на друга, осуществлено прогнозирование некоторых из них. Установлено, что представленные данные не окажут негативного воздействия на централизованные системы водоотведения поселений и городских округов.*

**Ключевые слова:** поверхностные сточные воды, выпуски ливневой канализации, проект реконструкции, математическая обработка, временной ряд, линейная регрессия

### Введение

Продолжая цикл статей о реконструкции дождевой канализации в городе Самаре, а именно исторической его части, в работах [1–3] было выявлено следующее.

В статье [2] установлено, что одним из факторов загрязнения водоемов (рек Волга и Самара) является неочищенная поверхностная сточная вода (ПоСВ), а именно выпуски ливневой канализации исторической части города, которые оказывают накопительно-негативное влияние на источники питьевого водоснабжения, поскольку они (выпуски ливневой системы водоотведения) не оборудованы очистными сооружениями.

В статье [1] установлено, что сброс поверхностных сточных вод в бытовую систему водоотведения будет способствовать в некоторой степени разбавлению хозяйственно-бытового стока и увеличению гидравлической загруз-

*The quality of surface wastewater of a large industrial center was studied using the example of the historical center of Samara. Indicators have been identified that in the future may have a negative impact on the domestic sewage system, in particular on urban sewage treatment facilities. With the help of mathematical processing, omissions in the available data were replenished, the relationship of indicators to each other was revealed, their influence on each other, some of them were predicted. It was established that the presented data will not have a negative impact on centralized drainage systems of settlements and urban districts.*

**Keywords:** surface wastewater, storm sewer outlets, reconstruction project, mathematical treatment, time series, linear regression

женности городских канализационных очистных сооружений.

В статье [3] проведено исследование по изучению кинетики осаждения компонентов загрязняющих веществ, содержащихся в поверхностных сточных водах, отводимых с исторической части Самара.

Как описывалось в работах [1, 2], «в границах исторической части Самары находятся 10 выпусков дождевой канализации». Из них 6 осуществляют сброс в Саратовское водохранилище (р. Волга), остальные 4 – в залив Самарский Саратовского водохранилища (р. Самара).

Выпуски, находящиеся в «историческом центре города» (карта границы исторической части отмечена на рис. 1 [4]), не оборудованы очистными сооружениями.

Территория исторического поселения города Самары была определена в 2019 г. — она ограничена улицами Засекина, набережной Самары,



Рис. 1. Граница исторической части города Самары [4]

Арцыбушевской, Льва Толстого, Буянова, Чкалова, Самарской и набережной Волги [5].

В статьях [1-3] раскрывалась суть проекта реконструкции, которая заключалась в том, что поверхностный сток, сбрасываемый без очистки, будет регулироваться и очищаться, если очистка будет вообще необходима, до нормативов сброса в канализационную сеть, где, смешиваясь с хозяйственно-бытовым стоком, в дальнейшем будет направляться на городские очистные канализационные сооружения (ГОКС).

Городские очистные канализационные сооружения построены на среднесуточное поступление стоков в размере 1 млн. м<sup>3</sup>/сут и в настоящее время очищают порядка 704,8 [6] – 551,3 тыс. м<sup>3</sup>/сут [7]. Опираясь на эти данные, приходим к выводу, что у очистных сооружений есть «запас» для очистки дополнительных стоков (запас около 300–400 тыс. м<sup>3</sup>/сут, а объем резервуаров, которые будут накапливать и перекачивать ПоСВ, запроектированных в исторической части, составляет около 50 тыс. м<sup>3</sup>).

Отвод поверхностного стока в реки Волгу и Самару осуществляется с исторического поселения в городе Самаре через выпуски «Ульяновский», «Вилоновский», «Некрасовский», «Ленинградский», «Комсомольский», «Пионерский», «Горячий ключ», «Старая гавань», «Крупский», «Хлебная площадь».

Основным объектом наблюдения являлись данные физико-химических анализов поверхностной сточной воды, образующейся в границах исторического поселения г. Самара, а именно выпусков «Ульяновский», «Вилоновский»,

«Комсомольский», «Горячий ключ», «Старая гавань». Выпуски «Некрасовский», «Ленинградский», «Пионерский», «Крупский» и «Хлебная площадь» не являлись объектами наблюдения, поскольку не включены в проект реконструкции, кроме того, по этим выпускам отсутствуют данные по физико-химическим анализам.

Для поверхностных сточных вод необходимо, прежде всего, произвести расчет и обработку изучаемых результатов. После обработки ПоСВ и полученных из этого данных появится возможность разработать концепцию, которая в дальнейшем оптимизирует работу очистных сооружений, поскольку в данном исследовании был изучен и проанализирован состав стоков.

### Выборка показателей

За лабораторный контроль качества сбрасываемых стоков через выпуски, а также эксплуатацию и ремонт сети несет ответственность муниципальное предприятие (МП) «Инженерные системы» [8]. В табл. 1 представлены методики выполнения измерений показателей контролируемых (замеряемых) МП «Инженерные системы».

Пробы ПоСВ для проведения химических анализов отбираются один раз в месяц по графику или же после выпадения дождя, а также в период активного снеготаяния непосредственно перед сбросом в водоём. По среднесуточной пробе определяется физико-химический состав стока, в данном исследовании результаты анализов обработаны за период 2013–2022 гг. выпусков «Ульяновский», «Вилоновский»,

Таблица 1

## Методики для определения концентраций загрязнений

| Показатель            | Ед. изм.                           | Нормативный документ на методы выполнения измерений |
|-----------------------|------------------------------------|---|
| БПК <sub>5</sub>      | мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | ПНД Ф 14.1:2.3:4.123-97                             |
| Взвешенные вещества   | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.4.254-2009                             |
| Сухой остаток         | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.114-97                                 |
| Хлориды               | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.111-97                                 |
| Сульфаты              | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.159-2000                               |
| Железо общее          | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.50-96                                  |
| Нефтепродукты         | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.4.168-2000                             |
| ПАВ анионоактивный    | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1.15-95                                    |
| Аммоний-ион           | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.3.1-95                                 |
| Нитрит-ион            | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.4.3-95                                 |
| Нитрат-ион            | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.4.4-95                                 |
| Общий фосфор          | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.106-97                                 |
| Хром общий            | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.4.52-96                                |
| Медь                  | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.4.48-96                                |
| Кадмий                | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.3.180-2002                             |
| Никель                | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.46-96                                  |
| Цинк                  | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.4.60-96                                |
| Ртуть                 | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.4.136-98                               |
| Свинец                | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.174-2000                               |
| Алюминий              | мг/дм <sup>3</sup>                 | ПНД Ф 14.1:2.4.166-2000                             |
| Водородный показатель | -                                  | ПНД Ф 14.1:2.3:4.121-97                             |
| Фенолы летучие        | мг/дм                              | ПНД Ф 14.1:2.105-97                                 |

«Комсомольский», «Горячий ключ», и с 2015 по 2022 гг. – выпуска «Старая гавань».

В табл. 2 представлены данные ингредиентов, использованные в дальнейшей обработке. Кроме того, на этом этапе будут отбракованы сведения по тяжелым металлам, таким как хром общий, медь, кадмий, никель, цинк, ртуть, свинец. Водородный показатель и фенолы летучие не будут использованы в дальнейшем, поскольку результаты физико-химических анализов по этим ингредиентам равны, близки к нулю или ниже порога обнаружения лабораторным оборудованием.

#### Восполнение пропущенных значений показателей

В исходных данных есть пропущенные значения концентраций исследуемых веществ. При этом существуют пропуски двух видов: первый – когда отсутствуют все значения за месяц; второй – когда отсутствуют только некоторые значения за месяц. В данной статье решалась задача восполнения пропусков второго вида.

Пропущенные значения были вычислены по модели линейной регрессии. В качестве регрессоров выступают концентрации тех элементов, замеры которых присутствуют за рассмотренный месяц.

Для построения более адекватных моделей регрессии для всех веществ предварительно были удалены нетипичные данные («выбросы»). Так как распределения концентрации веществ имеют ярко выраженную асимметрию, предварительно с помощью логарифмического и линейного преобразований они были приведены к симметричной форме.

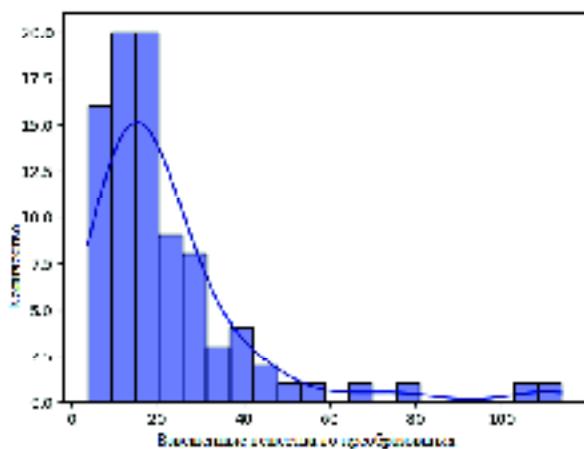
Для каждого пропуска было построено три модели линейной регрессии: 1) для исходных признаков; 2) для признаков, преобразованных с помощью логарифмической функции; 3) для признаков, приведенных к нулевой асимметрии. В каждую модель были добавлены данные по температуре и количеству осадков, а также признак, содержащий значения целевой переменной за предыдущий месяц. После построения для каждой модели по t-критерию

Таблица 2

Отбракованные показатели

| Ингредиенты           |                     |                       |
|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| изначальные           | резидуальные        | исключенные           |
| БПК <sub>5</sub>      | БПК <sub>5</sub>    |                       |
| Взвешенные вещества   | Взвешенные вещества |                       |
| Сухой остаток         | Сухой остаток       |                       |
| Хлориды               | Хлориды             |                       |
| Сульфаты              | Сульфаты            |                       |
| Железо общее          | Железо общее        |                       |
| Нефтепродукты         | Нефтепродукты       |                       |
| ПАВ анионоактивный    | ПАВ анионоактивный  |                       |
| Аммоний-ион           | Аммоний-ион         |                       |
| Нитрит-ион            | Нитрит-ион          |                       |
| Нитрат-ион            | Нитрат-ион          |                       |
| Общий фосфор          | Общий фосфор        |                       |
| Хром общий            |                     | Хром общий            |
| Медь                  |                     | Медь                  |
| Кадмий                |                     | Кадмий                |
| Никель                |                     | Никель                |
| Цинк                  |                     | Цинк                  |
| Ртуть                 |                     | Ртуть                 |
| Свинец                |                     | Свинец                |
| Алюминий              | Алюминий            |                       |
| Водородный показатель |                     | Водородный показатель |
| Фенолы летучие        |                     | Фенолы летучие        |

а



б

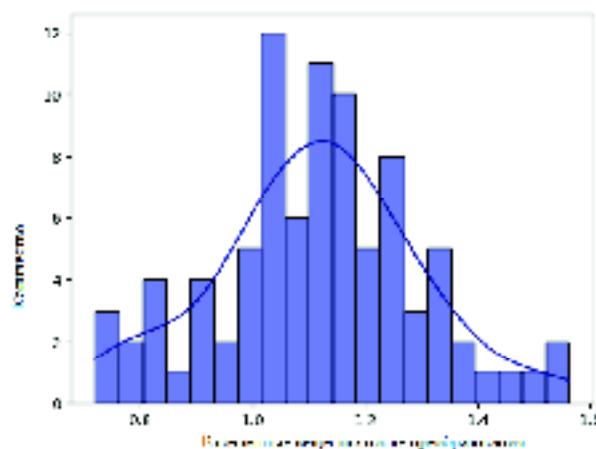


Рис 2. Распределение концентрации взвешенных веществ на выпуске «Комсомольский»: а – изначально; б – после преобразования

были отсеяны признаки, у которых  $p$ -значение для коэффициентов меньше 0,1. Затем были вновь построены модели линейной регрессии по оставшимся признакам. Для выбора наилучшей модели выборка, по которой была построена модель, была поделена на обучающую и тестовую. Учитывая малый объем, данная процедура была проделана 100 раз. Каждый раз рассчитывалось среднее значение модуля относительной погрешности прогноза по тестовой выборке. За итоговое среднее значение модуля относительной погрешности взято среднее арифметическое данных ста значений.

В табл. 3 приведен пример заполнения пропусков для выпуска «Старая гавань».

В последней строке табл. 3 приведены средние значения модуля относительной погрешности заполнения пропусков, в случае их заполнения средним значением признака.

Жирным шрифтом в табл. 3 выделены результаты и точность заполнения.

По остальным выпускам приведем только диапазоны среднего значения модуля относительной погрешности заполнения пропусков: БПК – 22–35 %; взвешенные вещества – 35–60 %; сухой остаток – 3,7–7 %; хлориды – 7–11%; сульфаты – 6–12%; аммоний-ион – 89–105 %; нитрит-ион – 53–64 %; нитрат-ион – 21–71 %; фосфат по фосфору – 19–58 %; железо общее – 21–32 %; алюминий – 32–60 %; нефтепродукты – 31–41 %; АПАВ – 25–50 %.

### Прогноз показателей на год

Поскольку данные по концентрациям веществ за разные месяцы образуют временные ряды, то следует рассматривать задачу прогнозирования таких рядов. В работе была исследована возможность прогнозирования на двенадцать месяцев, т. е. на один год. Относительно прогнозирования требуется сделать оговорку, что поскольку информация за последние годы имеет много пропусков, то в этом случае прогнозирование рядов зачастую решает задачу заполнения пропусков первого вида за 2021 и 2022 гг.

Для прогнозирования концентрации веществ использовалась модель ARIMA [9, с. 289], параметры модели подбирались для минимизации погрешности на тестовой выборке. В качестве обучающей выборки использовался начальный участок временного ряда. Для одного и того же вещества были выбраны три начальных участка разных длин, по каждому из таких участков строилась модель ARIMA, затем модель проверялась на тестовой выборке, в качестве которой использовались данные за следующие 12 месяцев после конца обучающей выборки. По каждой тестовой выборке вычислялось среднее значение относи-

тельной погрешности прогноза. В качестве итогового результата взято наибольшее из трех средних значений относительной погрешности.

Точность прогноза, существенно превышающую точность при замене на среднее значение, выявили:

1) Прогноз для БПК на выпуске «Комсомольский» – использовалась модель ARIMA (4,2,4), среднее значение модуля относительной погрешности прогноза 58 % (табл. 4).

2) Прогноз для железа общего на выпуске «Комсомольский» – использовалась модель ARIMA (3,2,1), среднее значение модуля относительной погрешности прогноза 29 % (табл. 5).

3) Прогноз для железа общего на выпуске «Горячий Ключ» – использовалась модель ARIMA (2,2,3), среднее значение модуля относительной погрешности прогноза 24 % (табл. 6).

4) Прогноз для алюминия на выпуске «Горячий Ключ» – использовалась модель ARIMA (6,2,0), среднее значение модуля относительной погрешности прогноза 29 % (табл. 7).

5) Прогноз для железа общего на выпуске «Ульяновский» – использовалась модель ARIMA (5,2,2), среднее значение модуля относительной погрешности прогноза 18 % (табл. 8).

### Моделирование взаимной зависимости показателей

Моделирование зависимостей между концентрациями веществ позволило установить, концентрации каких веществ наибольшим образом влияют на концентрацию других веществ.

Эмпирические линии регрессии показали, что в случае, когда связь между концентрациями веществ имеется, то такая связь имеет линейный характер, поэтому оправдано использование модели линейной регрессии оправданно.

Для унификации данные по концентрациям всех веществ были приведены к нулевому математическому ожиданию и единичной дисперсии.

Для каждого вещества была построена модель линейной регрессии по концентрациям других веществ. После построения модели по  $t$ -критерию были отсеяны признаки, у которых  $p$ -значение для коэффициентов меньше 0,1. Затем была вновь построена модель линейной регрессии по оставшимся признакам. Коэффициенты всех полученных моделей представлены в табл. 9.

Для выбора наиболее значимых признаков был предложен численный критерий, представленный в следующей формуле:

$$K_i = \sum_{j=1}^{13} \frac{\beta_{ij} R_j^2}{S_j}, \quad (1)$$

где  $\beta_{ij}$  – коэффициент, стоящий перед  $i$ -м веществом в  $j$ -й модели;  $R_j^2$  – коэффициент детерминации  $j$ -й модели;  $S_j$  – сумма коэффициентов  $j$ -й модели.

Таблица 3

## Заполнение пропусков в данных по выпуску «Старая гавань»

| Год   | Месяц | Показатель, мг/дм <sup>3</sup> |            |               |          |             |                   |              |          |                |       | Среднее значение модуля относительной погрешности прогноза, % |            |               |          |             |                   |              |          |                |       |
|---|-------|--------------------------------|------------|---------------|----------|-------------|-------------------|--------------|----------|----------------|-------|---|------------|---------------|----------|-------------|-------------------|--------------|----------|----------------|-------|
|   |       | БПК                            | Взвешенные | Сухой остаток | Сульфаты | Аммоний-ион | Фосфат по фосфору | Железо общее | Алюминий | Нефте-продукты | АПАВ  | БПК   | Взвешенные | Сухой остаток | Сульфаты | Аммоний-ион | Фосфат по фосфору | Железо общее | Алюминий | Нефте-продукты | АПАВ  |
| 2020  | 6     | 3,6                            | 16         | 380           | 80       | 0,35        | 0,020             | 0,2          | 0,012    | 0,033          | 0,041 | 0   | 0          | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 33,55    | 0              | 0     |
| 2020  | 11    | 5,74                           | 9,7        | 350           | 72       | 0,96        | 0,018             | 0,38         | 0,012    | 0,024          | 0,120 | 17,71   | 0          | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 0        | 0              | 0     |
| 2020  | 12    | 3,6                            | 8          | 394           | 92       | 0,92        | 0,026             | 0,33         | 0,015    | 0,044          | 0,038 | 0   | 0          | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 33,55    | 0              | 0     |
| 2021  | 1     | 2,7                            | 6,96       | 318           | 76       | 0,82        | 0,021             | 0,22         | 0,012    | 0,046          | 0,052 | 0   | 58,47      | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 0        | 0              | 0     |
| 2021  | 3     | 12,6                           | 31,1       | 370           | 88       | 8,4         | 0,104             | 0,5          | 0,016    | 0,066          | 0,070 | 17,45   | 0          | 0             | 0        | 0           | 44,23             | 0            | 0        | 0              | 0     |
| 2021  | 4     | 5,15                           | 3,5        | 393           | 82       | 1,7         | 0,036             | 0,23         | 0,013    | 0,048          | 0,071 | 17,45   | 0          | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 0        | 0              | 0     |
| 2021  | 6     | 5,26                           | 3,4        | 369           | 73       | 1,9         | 0,046             | 0,26         | 0,028    | 0,044          | 0,058 | 17,71   | 0          | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 0        | 0              | 0     |
| 2021  | 7     | 2,85                           | 3,5        | 386           | 84       | 0,37        | 0,018             | 0,31         | 0,014    | 0,049          | 0,042 | 17,45   | 0          | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 0        | 0              | 0     |
| 2021  | 8     | 2,7                            | 5,4        | 438           | 92       | 0,48        | 0,018             | 0,28         | 0,015    | 0,024          | 0,032 | 17,45   | 0          | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 34,69    | 0              | 0     |
| 2021  | 10    | 2,98                           | 3,6        | 572           | 80       | 0,48        | 0,023             | 0,3          | 0,015    | 0,038          | 0,042 | 17,45   | 0          | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 34,69    | 0              | 0     |
| 2021  | 11    | 3,17                           | 5,8        | 400           | 87       | 0,45        | 0,017             | 0,24         | 0,013    | 0,051          | 0,038 | 20,17   | 0          | 0             | 78,71    | 0           | 0                 | 0            | 0        | 0              | 0     |
| 2021  | 12    | 3,51                           | 3,6        | 355           | 76       | 0,51        | 0,060             | 0,24         | 0,015    | 0,059          | 0,060 | 17,45   | 0          | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 34,69    | 0              | 0     |
| 2022  | 1     | 2,31                           | 9,8        | 420           | 102      | 0,38        |                   |              | 0,016    | 0,040          | 0,022 | 17,45   | 0          | 0             | 0        | 0           |                   |              | 0        | 0              | 0     |
| 2022  | 2     | 8                              | 6,99       | 395,75        | 83,68    | 6,8         | 0,360             | 0,27         | 0,020    | 0,076          | 0,093 | 0   | 58,88      | 5,78          | 7,66     | 0           | 0                 | 26,2         | 0        | 0              | 23,05 |
| 2022  | 3     | 7,96                           | 9,2        | 430           | 92       | 2           | 0,046             | 0,3          | 0,015    | 0,040          | 0,160 | 17,45   | 0          | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 0        | 0              | 0     |
| 2022  | 5     | 3,8                            | 7,07       | 368,14        | 85       | 1,4         | 0,046             | 0,29         | 0,015    | 0,077          | 0,056 | 0   | 52,52      | 5,24          | 0        | 0           | 0                 | 0            | 0        | 0              | 23,05 |
| 2022  | 6     | 2,94                           | 4,55       | 384,6         | 90       | 0,44        | 0,019             | 0,32         | 0,018    | 0,049          | 0,039 | 18,86   | 49,64      | 5,31          | 0        | 0           | 0                 | 0            | 32,15    | 30,62          | 28,31 |
| 2022  | 7     | 2,93                           | 5,98       | 435,04        | 99       | 0,36        | 0,018             | 0,31         | 0,017    | 0,062          | 0,043 | 19,1  | 49,33      | 5,16          | 0        | 0           | 0                 | 0            | 0        | 0              | 26,58 |
| 2022  | 8     | 3,4                            | 3,3        | 380           | 96       | 0,31        | 0,010             | 0,29         | 0,015    | 0,069          | 0,045 | 0   | 0          | 0             | 0        | 36,37       | 0                 | 0            | 0        | 0              | 23,89 |
| 2022  | 9     | 5,93                           | 6,17       | 427,9         | 94       | 2,4         | 0,030             | 0,34         | 0,023    | 0,071          | 0,071 | 17,45   | 49,33      | 5,16          | 0        | 0           | 0                 | 0            | 0        | 0              | 0     |
| 2022  | 10    | 2,98                           | 3,6        | 572           | 80       | 0,48        | 0,023             | 0,3          | 0,015    | 0,038          | 0,042 | 17,45   | 0          | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 34,69    | 0              | 0     |
| 2022  | 11    | 3,31                           | 5,8        | 400           | 87       | 0,48        | 0,017             | 0,24         | 0,013    | 0,051          | 0,038 | 20,17   | 0          | 0             | 78,71    | 0           | 0                 | 0            | 0        | 0              | 0     |
| 2022  | 12    | 3,51                           | 3,6        | 355           | 76       | 0,51        | 0,060             | 0,24         | 0,015    | 0,059          | 0,060 | 17,45   | 0          | 0             | 0        | 0           | 0                 | 0            | 34,69    | 0              | 0     |
| Среднее значение модуля относительной погрешности при замене на среднее |       |                                |            |               |          |             |                   |              |          |                |       | 30,7  | 96,3       | 10,2          | 7,8      | 188,2       | 97,6              | 28,5         | 38       | 47,5           | 42,4  |

Таблица 4

Результаты прогнозирования концентрации БПК на выпуске «Комсомольский»

|         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Год     | 2020 | 2020 | 2020 | 2020 | 2021 | 2021 | 2021 | 2021 | 2021 | 2021 | 2021 | 2021 |
| Месяц   | 9    | 10   | 11   | 12   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| Прогноз | 4,37 | 5,75 | 7,16 | 6,81 | 5,42 | 5,16 | 6,37 | 7,18 | 6,41 | 5,27 | 5,46 | 6,64 |

Таблица 5

Результаты прогнозирования концентрации железа общего на выпуске «Комсомольский»

|         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Год     | 2021 | 2021 | 2021 | 2021 | 2022 | 2022 | 2022 | 2022 | 2022 | 2022 | 2022 | 2022 |
| Месяц   | 9    | 10   | 11   | 12   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| Прогноз | 0,39 | 0,35 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,35 |

Таблица 6

Результаты прогнозирования концентрации железа общего на выпуске «Горячий ключ»

|         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Год     | 2022  | 2022  | 2022  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  |
| Месяц   | 10    | 11    | 12    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
| Прогноз | 0,301 | 0,305 | 0,292 | 0,302 | 0,289 | 0,299 | 0,286 | 0,296 | 0,283 | 0,293 | 0,281 | 0,290 |

Таблица 7

Результаты прогнозирования концентрации алюминия на выпуске «Горячий ключ»

|         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Год     | 2022  | 2022  | 2022  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  |
| Месяц   | 10    | 11    | 12    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
| Прогноз | 0,026 | 0,027 | 0,026 | 0,027 | 0,027 | 0,026 | 0,027 | 0,026 | 0,026 | 0,026 | 0,026 | 0,026 |

Таблица 8

Результаты прогнозирования концентрации железа общего на выпуске «Ульяновский»

|         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Год     | 2022  | 2022  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  | 2023  |
| Месяц   | 11    | 12    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| Прогноз | 0,254 | 0,286 | 0,277 | 0,306 | 0,263 | 0,285 | 0,260 | 0,289 | 0,263 | 0,282 | 0,257 | 0,277 |

По численному критерию – см. формулу (1) наиболее значимыми признаками оказались: 1) АПАВ со значением критерия 0,89; 2) БПК со значением критерия 0,72; 3) аммоний-ион со значением критерия 0,69; 4) сухой остаток со значением критерия 0,68.

Ранее было установлено [1–3], что БПК, взвешенные вещества, нефтепродукты, фосфат по фосфору могут иметь значительное влияние на работу ГОКС и эффективность очистки, поэтому для концентраций данных веществ были построены модели линейной регрессии по концентрациям других веществ.

Результат моделирования:

1) БПК: коэффициент детерминации модели 0,752; коэффициенты регрессии: константа 2,12; аммоний-ион 0,58; нитрат-ион -0,81; фосфат по фосфору 14,23; железо общее 2,28; АПАВ 22,38;

2) взвешенные вещества: коэффициент детерминации модели 0,439; коэффициенты регрессии: константа 13,15; хлориды 0,18; сульфаты -0,25; нитрит-ион 13,2; фосфат по фосфору -17,47; железо общее 19,96; АПАВ 85,93;

3) нефтепродукты: коэффициент детерминации модели 0,315; коэффициенты регрессии: константа -0,06; сульфаты 0,0011; фосфат по фосфору 0,12; алюминий 1,13;

4) фосфат по фосфору: коэффициент детерминации модели 0,582; коэффициенты регрессии: константа 0,14; БПК 0,013; взвешенные вещества 0,0011; сульфаты 0,0014; аммоний-ион 0,0083; железо общее 0,058; нефтепродукты 0,22.

Приведем иллюстрацию модели для БПК. Для возможности отображения в трехмерном пространстве в модели были оставлены два главных признака: аммоний-ион и фосфат по фосфору.

Таблица 9

Коэффициенты моделей линейной регрессии

| Показатель        | БПК    | Взвешенные вещества | Сухой остаток | Хлориды | Сульфаты | Аммоний-ион | Нитрит-ион | Нитрат-ион | Фосфат по фосфору | Железо общее | Алюминий | Нефтепродукты | АПАВ   |
|-------------------|--------|---------------------|---------------|---------|----------|-------------|------------|------------|-------------------|--------------|----------|---------------|--------|
| БПК               |        |                     |               |         |          | 0,279       |            | -0,094     | 0,324             | 0,106        |          |               | 0,281  |
| Взвеш. в-ва       |        |                     |               | 0,142   | -0,251   |             | 0,129      |            | -0,143            | 0,333        |          |               | 0,388  |
| Сухой остаток     |        |                     |               | 0,419   | 0,508    |             | 0,156      | 0,109      |                   | 0,129        |          |               | -0,143 |
| Хлориды           |        | 0,114               | 0,609         |         |          | -0,209      |            | -0,309     |                   | -0,168       |          |               | 0,323  |
| Сульфаты          |        | -0,224              | 0,617         |         |          | 0,174       |            |            | -0,139            |              |          | 0,140         |        |
| Аммоний-ион       | 0,348  |                     |               | -0,106  | 0,148    |             |            | -0,171     | 0,121             | -0,082       |          |               | 0,421  |
| Нитрит-ион        |        | 0,197               | 0,269         |         |          |             |            |            |                   | -0,164       |          |               | 0,356  |
| Нитрат-ион        | -0,249 |                     | 0,214         | -0,438  |          | -0,405      |            |            |                   | -0,129       |          |               | 0,382  |
| Фосфат по фосфору | 0,576  | -0,140              |               |         | -0,166   | 0,176       |            |            |                   | 0,119        |          | 0,103         |        |
| Железо общее      | 0,313  | 0,389               | 0,152         | -0,213  |          | -0,147      | -0,103     | -0,101     | 0,185             |              | 0,163    |               |        |
| Алюминий          |        |                     |               |         |          |             |            |            |                   | 0,119        |          | 0,371         | 0,066  |
| Нефтепродукты     |        |                     |               |         | 0,290    |             |            |            | 0,266             |              | 0,325    |               |        |
| АПАВ              | 0,374  | 0,199               | -0,154        | 0,174   |          | 0,364       | 0,100      | 0,150      |                   |              | 0,087    |               |        |

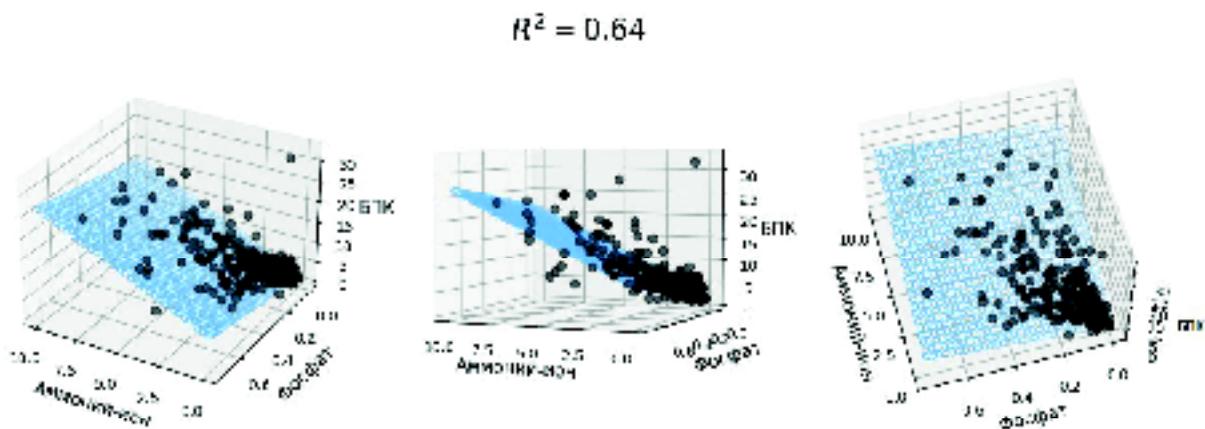


Рис. 3. Модель линейной регрессии зависимости концентрации БПК от концентраций аммоний-иона и фосфата

**Выводы.** 1. Найденные эмпирические зависимости выявили взаимосвязь показателей АПАВ, аммоний-ион, сухой остаток, БПК между собой и их влияние друг на друга.

2. Получены линейные модели зависимости показателей БПК, взвешенных веществ, нефтепродуктов, фосфора фосфатов, которые могут быть использованы для прогнозирования работы городских очистных канализационных сооружений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрелков А.К., Шувалов М.В., Павлухин А.А., Черносвитов М.Д. Реконструкция сетей дождевой канализации в исторической границе города Самары // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 45–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.06.

2. Стрелков А.К., Шувалов М.В., Павлухин А.А., Теплых С.Ю. Изучение качества воды поверхностных сточных вод крупного промышленного центра на примере г. Самары // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 48–56. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.07.

3. Стрелков А.К., Шувалов М.В., Палагин Е.Д., Павлухин А.А., Теплых С.Ю., Лапшакова И.В. Проведение лабораторного исследования по осаждению компонентов загрязняющих веществ поверхностных сточных вод с исторической части города Самара // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2023. Вып. 4 (144). С. 9–22. DOI: 10.17122/ntj-oil-2023-4-9-22.

4. Артёмов. Самара как историческое поселение. Границы, предмет охраны, максимальная высотность и улица, с которой все начнется 19 июля 2019, 12:27 [Электронный ресурс] URL: [https://drugoigorod.ru/historical\\_settlement-2/](https://drugoigorod.ru/historical_settlement-2/) (дата обращения: 29.09.2022).

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

6. Стрелков А.К., Степанов С.В., Курсанов А.А. Интенсификация процессов биологической очистки на очистных канализационных сооружениях г. Самары // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 9, ч. 2. С. 30–37.

7. Технический отчет по теме «Разработка концепции по доведению очищенных сточных вод городских очистных канализационных сооружений г. о. Самара до норм норматива допустимого сброса». Самара, 2011. 144 с.

8. Муниципальное предприятие городского округа Самара «Инженерные системы». Режим доступа: <https://mp-is.ru/node/11> (дата обращения: 09.09.2023).

9. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование. М: Финансы и статистика, 2010. 318 с.

## REFERENCES

1. Strelkov A.K., Shuvalov M.V., Pavlukhin A.A., Chernosvitov M.D. Reconstruction of Rain Sewer Networks in the Historical Border of the City of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 45–52. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.06

2. Strelkov A.K., Shuvalov M.V., Pavlukhin A.A., Teplykh S. Yu. Studying the Quality of Surface Wastewater of a Large Industrial Center on the Example of the City of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 48–56. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.07

3. Strelkov A.K., Shuvalov M.V., Palagin E.D., Pavlukhin A.A., Teplykh S.Yu., Lapshakova I.V. Laboratory study on precipitation of surface wastewater contaminants components from the historical part of Samara city. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov* [Problems of gathering, processing and transportation of oil and petroleum products], 2023, iss. 4 (144), pp. 9–22. (in Russian) DOI: 10.17122/ntj-oil-2023-4-9-22

4. Artyomov. Samara as a historical settlement. Borders, subject of protection, maximum height and street, from which everything will begin on July 19, 2019, 12:27. Available at: <https://volga.news/article/649451.html> (accessed 30 March 2023)

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

6. Strelkov A.K. Stepanov S.V., Kirsanov A.A. Intensification of Biological Treatment Processes at Sewage Treatment Facilities in Samara. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2006, no. 9, 2, pp. 30–37. (in Russian)

7. Technical report on the topic “Development of the concept for bringing the treated wastewater of the city sewage treatment facilities in Samara to the standards of permissible discharge.” Samara, 2011. 144 p. (In Russian)

8. Municipal enterprise of the Samara city district “Engineering Systems”. Available at: <https://mp-is.ru/node/11> (accessed 09 September 2023)

9. Afanasyev V.N. Yuzbashev M.M. *Analiz vremennykh ryadov i prognozirovanie* [Time series analysis and forecasting]. Moscow, Finance and Statistics, 2010. 318 p.

Об авторах:

**СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич**

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

**ШУВАЛОВ Михаил Владимирович**

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

**АБАШКИН Антон Александрович**

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: samcocoa@rambler.ru

**ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна**

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

**ПАВЛУХИН Алексей Андреевич**

инженер кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: a\_pavluhin17@mail.ru

**STRELKOV Alexander K.**

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

**SHUVALOV Mikhail V.**

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

**ABASHKIN Anton Al.**

Ph.D. in Physics and Mathematics Science Associate Professor of the Higher Mathematics Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: samcocoa@rambler.ru

**TEPLYH Svetlana Yu.**

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

**PAVLUHIN Alexey A.**

Engineer of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: a\_pavluhin17@mail.ru

Для цитирования: Стрелков А.К., Шувалов М.В., Теплых С.Ю., Абашкин А.А., Павлухин А.А. Обработка, моделирование, прогнозирование отдельных показателей поверхностных сточных вод для выпусков исторической части города Самары // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 28–37. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.04.

For citation: Strelkov A.K., Shuvalov M.V., Teplyh S.Yu., Abashkin A.A., Pavluhin A.A. Processing, modeling, forecasting of individual indicators of surface wastewater for releases of the historical part of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 28–37. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.04.

С. Ю. ТЕПЛЫХ  
Е. Е. КОТОВСКАЯ

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ВОЗВРАТОМ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ

SUBSTANTIATION OF THE TECHNOLOGY OF TREATMENT  
OF FLUSHING WATER OF WATER TREATMENT FACILITIES  
WITH SUBSEQUENT RETURN TO THE TECHNOLOGICAL CYCLE

*В работе перечислены существующие технологические схемы очистки промывных вод водопроводных очистных сооружений. Показаны результаты многофакторного центрально-композиционного планирования эксперимента с полученными уравнениями корреляционно-регрессионного анализа второго порядка, описывающими зависимости остаточного содержания взвешенных веществ от исходного содержания, продолжительности отстаивания, дозы коагулянта при применении различных реагентов. Составлена рекомендуемая технологическая схема очистки промывных вод с технологическим расчетом основного сооружения.*

**Ключевые слова:** технологические осадки водопроводных очистных сооружений, промывные воды, скорые фильтры, контактные осветлители, горизонтальные и вертикальные отстойники, коагулянты, взвешенные вещества, технологические схемы обработки осадков водопроводных очистных сооружений

### Введение

Второй ступенью очистки поверхностных вод на водопроводных очистных сооружениях (ВОС) является фильтрование на двухслойных или однослойных скорых фильтрах. В процессе фильтрования через зернистую загрузку обрабатываемой воды для систем централизованного питьевого водоснабжения происходит окончательное удаление взвешенных веществ, при этом мутность очищенной воды в фильтрате не должна превышать 1,5 мг/л. Для регенерации фильтрующей загрузки применяется обратная промывка, требующая большого количества воды и сжатого воздуха (при водовоздушной промывке), и, как следствие, эксплуатационное предприятие несет повышенные затраты водных и энергетических ресурсов, относящиеся к технологическим потерям. Одним из путей повышения эффективности работы централизованных систем водоснабжения является повторное использование промывных вод. На

*The paper lists the existing technological schemes for the purification of flushing water of water treatment facilities; shows the results of a multifactorial central composite planning experiment with the obtained second-order correlation and regression analysis equations describing the dependence of the residual content of suspended solids on the initial content, sedimentation duration, coagulant dose when using various reagents; the recommended technological scheme for the purification of flushing water with technological calculation of the main structure.*

**Keywords:** technological precipitation of water treatment facilities, flushing water, rapid filters, contact clarifiers, horizontal and vertical settling tanks, coagulants, suspended solids, technological schemes for the treatment of precipitation of water treatment facilities

многих ВОС не выполняются требования технологического регламента по повторному использованию промывных вод, которые впоследствии сбрасываются в водные объекты, что приводит к значительным безвозвратным потерям [1–3]. Возврат в технологический цикл воды, объем которой составляет от 4–10 % суточной производительности ВОС, позволит обеспечить большее количество абонентов и создать резерв воды в вододефицитный период [2].

### Цели и задачи

Цель работы – получение технологических параметров процесса очистки промывных вод для внедрения в технологию обработки с последующим возвратом в технологический цикл.

### Основные задачи исследования

Для достижения заявленной цели были сформулированы и реализованы следующие задачи:

- сбор и систематизация существующих технологических схем очистки промывных вод скорых фильтров ВОС для последующего вовлечения в технологический цикл водоочистки;
- определение перечня коагулянтов для проведения экспериментальных исследований по пробному коагулированию для предварительного определения вида и дозы коагулянта для дальнейшей обработки промывных вод;
- выполнение многофакторного эксперимента с последующим получением уравнений регрессии и их дальнейшей математической оценки;
- анализ полученных результатов с разработкой последующих решений по возврату промывных вод после обработки в голову сооружений.

В проектной практике водоподготовки наибольшее распространение получила схема обработки промывных вод и осадка станций водоподготовки, изложенная в СНиП 2.04.02-84 (пп. 6.199, 6.200 и приложение 9), в соответствии с которым в технологическую схему обработки промывных вод и осадка следует включать: резервуары, отстойники, ступителю, накопители или площадки замораживания и подсушивания осадка. В то же время на действующих водопроводных очистных сооружениях Республики Крым обработка промывных вод и последующая утилизация осадка не производится, вода после промывки фильтров поступает в резервуары, а затем сбрасывается в водный объект или же в пруд-накопитель (рис. 1), что демонстрирует нерациональное отношение к водным ресурсам в регионе, испытывающем их периодический дефицит. В работе [2] приведен расчет, показывающий, что безвозвратные потери суммарно по всем ВОС Республики Крым составля-



Рис. 1. Пруд-накопитель для воды после промывки фильтров и продувки отстойников ВОС «Приятное свидание» [2]

ют 48818,66 м<sup>3</sup>/сут, что сопоставимо с суточным водопотреблением Большой Алушты.

Все многообразие существующих типовых схем обработки промывных вод и утилизации осадка можно разделить на три основные:

- первая схема (рис. 2) предусматривает направление промывной воды после контактных осветлителей в песколовки и отстойники, затем осветленную воду перекачивают в смесители ВОС, накопленный песок и осадок направляют на песковую площадку или на площадку подсушивания, а затем на полигон отходов;

- по второй схеме (рис. 3) промывную воду после осветлителей со слоем взвешенного осадка и скорых фильтров, осадок из сооружения первой ступени направляют в ступителю, затем на площадки подсушивания и на полигон отходов. Осветленную воду из ступителю перекачивают в смеситель или в пруды-накопители. Грязная промывная вода после резервуара-усреднителя поступает в смеситель ВОС;

- по третьей схеме (рис. 4) осадок после горизонтальных отстойников первоначально сгущают, а затем проводят обезвоживание, отделенную воду сбрасывают в водоем или подают на повторное использование. Промывную воду после зернистых фильтров сбрасывают в резервуары-усреднители, затем направляют в смесители ВОС для дальнейшей очистки в основной технологической схеме.

К недостаткам перечисленных типовых технологических схем следует отнести проблематичность возврата плохо очищенных промывных вод в основную технологию подготовки питьевых вод по причине их токсичности [4, 5], что приводит к огромным потерям воды. Проектируемые сооружения обработки отходов громоздки, с большой строительной стоимостью, а эксплуатационные затраты на них почти равны затратам на подготовку питьевой воды. Поэтому в практике водоканалов технологические стоки ВОС направляют в естественные или искусственные накопители-отстойники (см. рис. 1), иногда после соответствующего гигиеничного обоснования их перекачивают в смесители для повторного использования.

Работа рекомендуемых к проектированию технологических схем оборота промывной воды на практике обуславливается специфическими особенностями исходной воды и методами ее обработки (залповые поступления в смесители ВОС загрязнений). При одноступенчатой схеме очистки подача неочищенной промывной воды в голову сооружений значительно ухудшает технологические показатели очистки исходной воды.

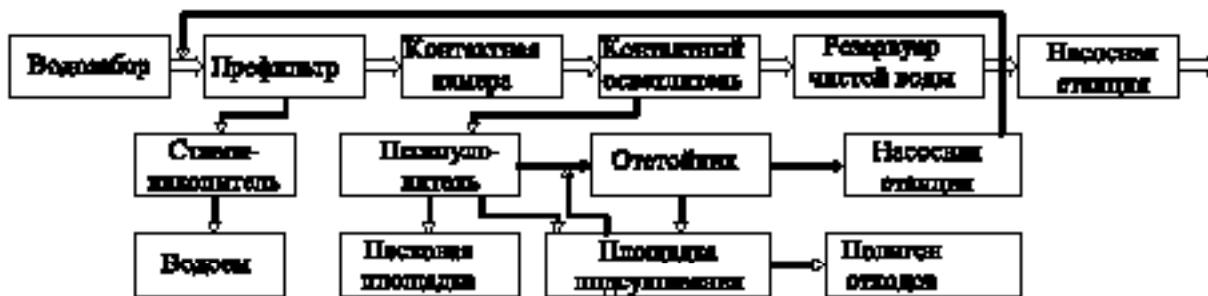


Рис. 2. Технологическая схема обработки грязных промывных вод контактных осветлителей



Рис. 3. Технологическая схема обработки и повторного использования осадков из осветлителей со слоем взвешенного осадка и грязных промывных вод скорых фильтров

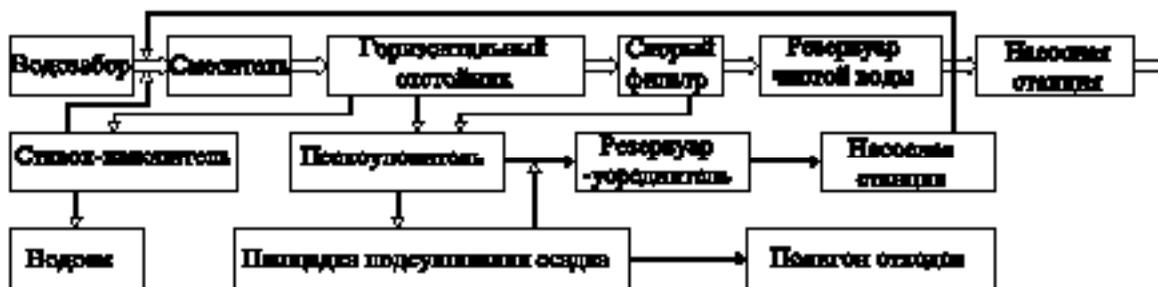


Рис. 4. Технологическая схема обработки и повторного использования осадков

Можно выделить несколько основных способов обезвоживания осадков ВОС:

- механическое обезвоживание осадков с реагентами на камерных и ленточных фильтр-прессах, центрифугах и других аппаратах;
- обработка осадка природных вод совместно с осадками сточных вод на станциях очистки городских сточных вод;
- обработка осадка с одновременной регенерацией коагулянта;
- естественное замораживание и оттаивание осадка на площадках замораживания в соответствии с климатическими условиями и др. [5].

Осадок отстойников ВОС получается мелкодисперсным (65–70 % частиц с диаметром меньше 0,05 мм) и с высокой влажностью (более 98 %), он также характеризуется относительно хорошей водоотдачей ( $280\text{--}590 \cdot 10^{-10}$  см/г). При гравитационном уплотнении влажность исходного осадка снижается до 96–97,9 %.

Предварительное уплотнение осадков является необходимым приемом, так как исходный осадок, особенно маломутных цветных вод, имеет высокую влажность [6]. Для интенсификации уплотнения возможно медленное перемешивание и обработка флокулянтами. Для кондиционирования осадков наиболее целесообразно использовать сочетание извести с флокулянтами, преимущественно анионного типа [1].

Наиболее широкое распространение получило механическое обезвоживание с предварительным кондиционированием и ступенем с помощью различных реагентов: известь, коагулянты, флокулянты анионного, неионогенного и катионного типов. Известь при введении в осадок выполняет двойную функцию: как химический реагент, частично растворяющий гелеобразный гидроксид алюминия, и как присадочный материал, снижающий величину показателя сжимаемости. Такая совокупность действий при-

водит к улучшению свойств осадка, кроме того, известь оказывает обеззараживающее действие.

В качестве *объекта исследования* была принята технология обработки осадков промывных вод водопроводной очистной станции с целью отделения воды, которую можно вернуть в технологический цикл, и уплотнения осадков для дальнейшей переработки. В качестве средств для выполнения основных задач исследования был выбран физический эксперимент, натурные наблюдения, корреляционно-регрессионный анализ. На рис. 5 представлена кинетика загрязнений в промывных водах скорых фильтров ВОС «Петровские скалы», показывающая, что более 80 % вымытых из фильтра взвешенных веществ удаляется с промывной водой за первые 3 мин, а далее происходит так называемая «домывка» фильтра. На состав загрязнений в промывной воде влияет концен-

трация и вид примесей воды в источнике, на котором работает ВОС [6, 7], а также технологическая схема работы очистных сооружений. В табл. 1 представлен состав загрязнений в промывной воде ВОС «Петровские скалы».

В работе выполнены экспериментальные исследования по пробному коагулированию для выбора дозы и вида реагента при прочих равных условиях. С этой целью была применена методика ротатбельного центрально-композиционного планирования эксперимента в химической отрасли с целью получения корреляционно-регрессионного уравнения второго порядка, связывающего значимые факторы реагентного осаждения взвешенных веществ в грязных промывных водах [8, 9].

Для экспериментальных исследований отбирали грязную промывную воду, усредняли до концентраций 170, 190, 240, 290 мг/л и при

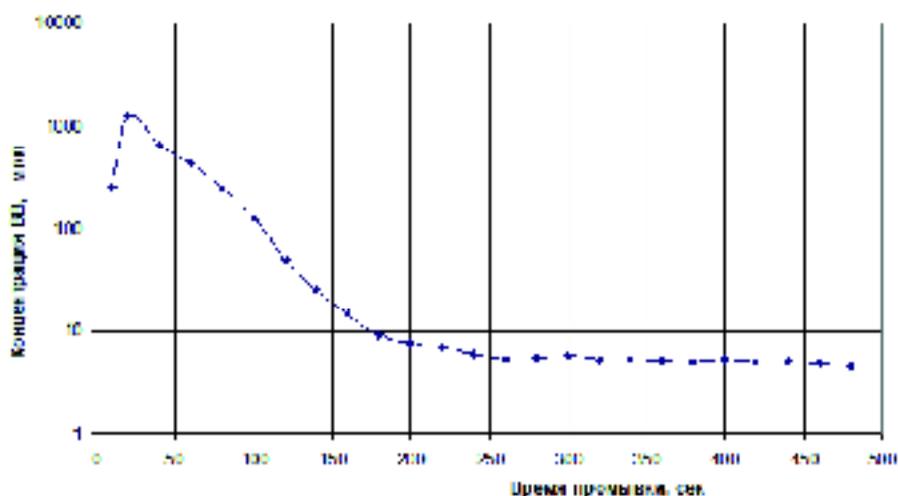


Рис. 5. Кинетика загрязненности в отобранных порциях – пробах промывных вод в течение периода промывки

Таблица 1

#### Химические показатели промывных вод фильтров

| Показатель               | Ед. изм.                | Значения   |
|--------------------------|-------------------------|------------|
| Взвешенные вещества      | мг/л                    | 47–820     |
| $\text{NH}_4^+$          | мг/л                    | 0,07–0,1   |
| $\text{NO}_2$            | мг/л                    | 0,012–0,04 |
| $\text{NO}_3$            | мг/л                    | 1–13       |
| $\text{БПК}_5$           | $\text{мгO}_2/\text{л}$ | 1,9–25     |
| ПО                       | $\text{мгO}_2/\text{л}$ | 7,6–18,8   |
| $\text{Fe}_{\text{общ}}$ | мг/л                    | 0,08–0,22  |
| $\text{Al}^{3+}$         | мг/л                    | 0,06–7,12  |
| Цветность                | град ПКШ                | 20–55      |

введении различных доз различных коагулянтов (хлорное железо, сернокислый алюминий, Полвак-40, Магнафлок ЛТ27, полиакриламид) при различном времени отстаивания (15; 30; 45; 60 мин) наблюдали за эффектом осветления.

По результатам однофакторного эксперимента было выполнено планирование трехфакторного эксперимента при применении четырех реагентов (сернокислый алюминий, хлорное железо, Полвак-40 и Магнафлок ЛТ 27) по методу ротатбельного центрально-композиционного планирования [8, 9].

При обработке экспериментальных данных, полученных в ходе планирования трехфакторного эксперимента, получено регрессионное уравнение второго порядка, связывающее такие факторы, как исходное содержание взвешенных веществ, доза коагулянта, время отстаивания, функцией отклика является остаточное содержание взвешенных веществ в обработанной воде. Проверка коэффициентов регрессии выполнялась по критерию Стьюдента на значимость, а адекватность (способность хорошо описывать поверхность отклика) полученной модели определялась при помощи критерия Фишера.

Полученное уравнение регрессии позволяет при фиксации одного из параметров, например исходного содержания взвешенных веществ, получить трехмерный график с тремя переменными, в котором варьируется на исследуемом диапазоне доза реагента и время отстаивания, а откликом является остаточное содержание взвешенных веществ. Затем, выявив наилучшие показатели, можно, зафиксировав другой показатель, например время отстаивания, получить изменения по входящему содержанию взвешенных веществ и по дозе реагента.

При помощи регрессионных уравнений можно определить эффективность очистки при введении различных коагулянтов при прочих равных условиях, и в данном случае наилучшую эффективность показал сернокислый алюминий (рис. 6, 7).

$$C_{\text{ВВО}} = f(C_{\text{ВВИ}}, D_{\text{к}}, t) = 133,642 - 0,935 \cdot C_{\text{ВВИ}} + 3,215 \cdot D_{\text{к}} + 3,167 \cdot t - 0,031 \cdot C_{\text{ВВИ}} \cdot D_{\text{к}} - 0,029 \cdot C_{\text{ВВИ}} \cdot t - 0,139 \cdot D_{\text{к}} \cdot t + 0,048 \cdot C_{\text{ВВИ}}^2 + 0,031 \cdot D_{\text{к}}^2 + 0,022 \cdot t^2 + 0,00754 \cdot C_{\text{ВВИ}} \cdot D_{\text{к}} \cdot t, \tag{1}$$

где  $C_{\text{ВВО}}$  – остаточная концентрация взвешенных веществ в отстоянной промывной воде, мг/л;  
 $C_{\text{ВВИ}}$  – исходная концентрация взвешенных веществ в отработанной промывной воде, мг/л;  
 $D_{\text{к}}$  – доза реагента, мг/л;  
 $t$  – время отстаивания, мин.

Корреляционно-регрессионный анализ при ротатбельном центрально-композиционном планировании при коагулировании реагентом хлорное железо (рис. 8, 9):

$$C_{\text{ВВО}} = f(C_{\text{ВВИ}}, D_{\text{к}}, t) = -12,267 + 0,509 \cdot C_{\text{ВВИ}} - 0,241 \cdot D_{\text{к}} - 0,371 \cdot t - 0,00106 \cdot C_{\text{ВВИ}}^2, \tag{2}$$

где  $C_{\text{ВВО}}$  – остаточная концентрация взвешенных веществ в отстоянной промывной воде, мг/л;  
 $C_{\text{ВВИ}}$  – исходная концентрация взвешенных веществ в отработанной промывной воде, мг/л;  
 $D_{\text{к}}$  – доза реагента, мг/л;  
 $t$  – время отстаивания, мин.

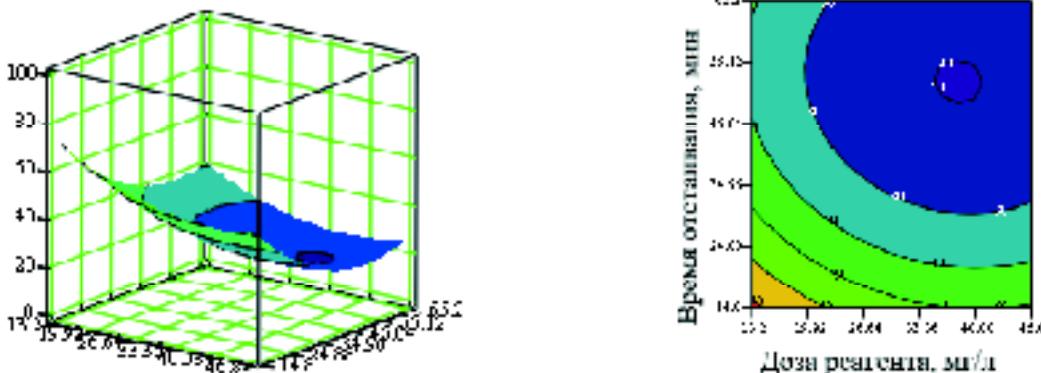


Рис. 6. Поверхность отклика функции снижения концентрации взвешенных веществ при исходной концентрации  $C_{\text{ВВИ}} = 190$  мг/л при применении коагулянта – сернокислый алюминий

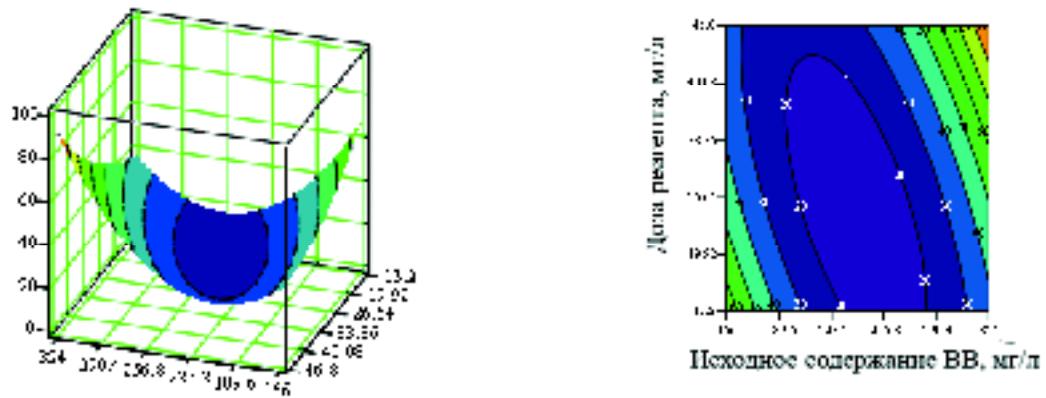


Рис. 7. Поверхность отклика функции снижения концентрации взвешенных веществ при времени отстаивания  $t = 60$  мин при применении коагулянта – серноокислый алюминий

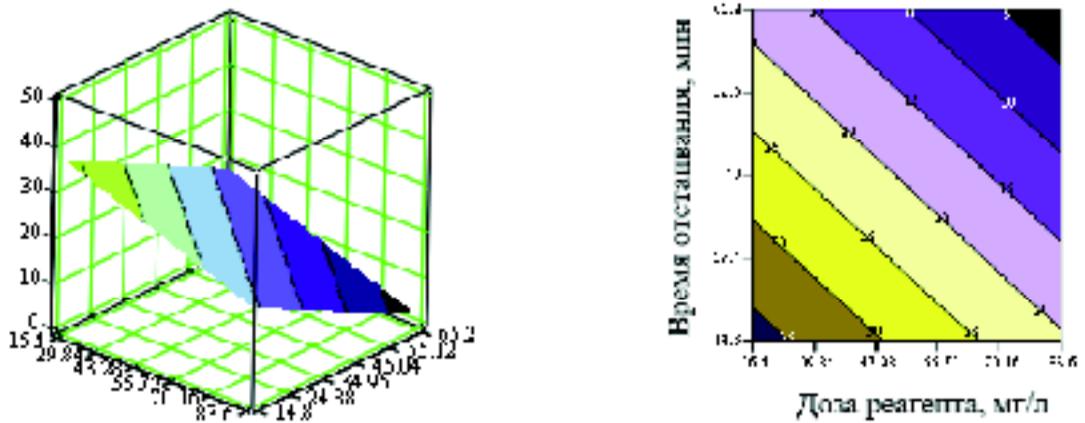


Рис. 8. Поверхность отклика функции снижения концентрации взвешенных веществ при исходной концентрации  $C_{\text{ВВ1}} = 190$  мг/л при применении коагулянта – хлорное железо

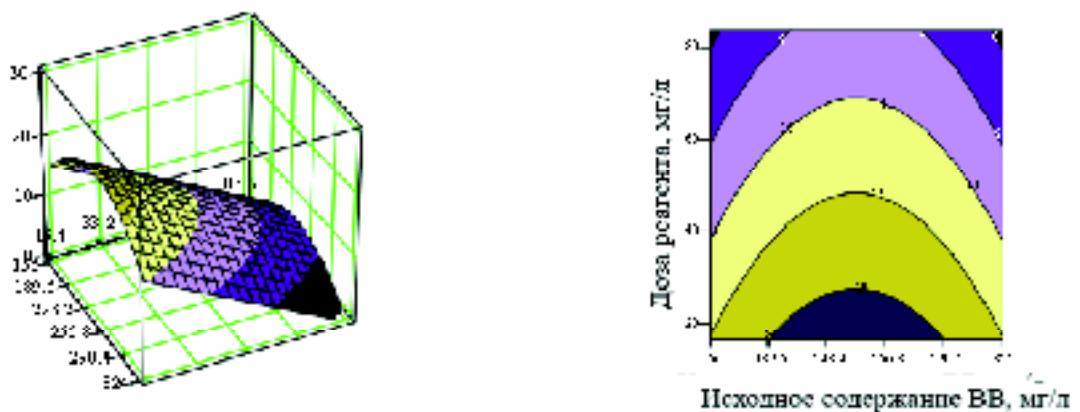


Рис. 9. Поверхность отклика функции снижения концентрации взвешенных веществ при времени отстаивания  $t = 60$  мин при применении коагулянта – хлорное железо

По результатам исследования была предложена схема очистки грязных промывных вод, которая предусматривает поступление грязных промывных вод на пескоуловитель, далее в резервуар-усреднитель, а затем на сооружение отстаивания. В трубопровод перед отстаиванием вводится реагент серноокислый алюминий, а затем вода равномерно перекачивается в голову сооружений (рис. 10). Для предложенной схемы выполнен расчет вертикаль-

ного отстойника с нисходяще-восходящим движением потока воды (табл. 2) [13].

Основные параметры определения часовой производительности для технологического расчета вертикального отстойника с нисходяще-восходящим движением воды сведены в табл. 2 для ВОС «Петровские скалы», результаты расчета вертикального отстойника представлены в табл. 3.



Рис. 10. Рекомендуемая технологическая схема очистки воды и раздельной обработки стоков

Таблица 2

Параметры для определения производительности сооружений очистки промывных вод скорых фильтров [10–12]

| Параметр  | Значение                               |
|---|--|
| Проектная мощность ВОС «Петровские скалы», тыс. м <sup>3</sup> /сут   | 80                                     |
| Количество фильтров, шт.  | 6                                      |
| Площадь одного фильтра, м <sup>2</sup>  | 57                                     |
| Интенсивность подачи воды, л/с·м <sup>2</sup>   | 14                                     |
| Продолжительность промывки, мин   | 6                                      |
| Интенсивность подачи воздуха л/с·м <sup>2</sup>   | -                                      |
| Продолжительность промывки, мин   | -                                      |
| Фактическая потребляемая мощность на промывку всех фильтров станции два раза в сутки, кВт/сут                   | 384                                    |
| Марка насоса  | 550 Д 22 (два рабочих, один резервный) |
| Мощность насоса, кВт  | 160                                    |
| Подача воды на промывку насосами, м <sup>3</sup> /ч   | 2872,8                                 |
| Полный расчетный напор промывного насоса, м   | 22                                     |
| Геометрическая составляющая в расчетном напоре промывного насоса, м   | 18                                     |
| Расход воды на одну промывку, м <sup>3</sup>  | 287,3                                  |
| Расход воды на промывку в сутки, м <sup>3</sup>   | 3447,4                                 |
| Потребление от суточной производительности ВОС, %   | 4,3                                    |
| Производительность сооружений очистки промывных вод из расчета двух вертикальных отстойников, м <sup>3</sup> /ч | 143,64                                 |
| Расход на один вертикальный отстойник, м <sup>3</sup> /ч  | 71,82                                  |

Таблица 3

## Сводные данные по расчету вертикального отстойника с нисходяще-восходящим движением воды [13]

| Параметр   | Обозначение  | Значение |
|--|--|----------|
| Производительность станции из расчета двух вертикальных отстойников  | $q_{\text{шт}}, \text{ м}^3/\text{ч}$                  | 71,82    |
| Средний секундный расход   | $q_{\text{ср}}, \text{ м}^3/\text{с}$                  | 0,02     |
| Содержание взвешенных веществ  | $C_o$  | 240      |
| Требуемый эффект осветления  | $\Theta$   | 87,5     |
| Расчетная высота зоны осаждения  | $H_1$  | 3,5      |
| Гидравлическая крупность   | $U, \text{ м/с}$                                       | 0,0022   |
|  | $U, \text{ мм/с}$                                      | 2,182    |
| Вертикальная турбулентная составляющая гидравлической крупности  | $w, \text{ мм/с}$                                      | 0        |
| Коэффициент использования  | $k$  | 0,35     |
| Диаметр отстойника   | $D, \text{ м}$   | 5,77     |
| Принятый диаметр отстойника  | $D_{\text{прин}}, \text{ м}$                           | 6        |
| Скорость движения в центральной трубе  | $v_{\text{ц.тр}}, \text{ м/с}$                         | 0,03     |
| Диаметр центральной трубы  | $d_{\text{ц.тр}}, \text{ м}$                           | 0,92     |
| Принимаем диаметр центральной трубы равный   | $d_{\text{ц.тр}}, \text{ м}$                           | 1        |
| Диаметр раструба центральной трубы   | $d_p = 1,35 * d_{\text{ц.тр}}, \text{ м}$              | 1,35     |
| Скорость в щели  | $v_{\text{щ}}, \text{ м/с}$                            | 0,02     |
| Расход через щель  | $q_{\text{щ}} = q_{\text{макс}}, \text{ м}^3/\text{с}$ | 0,02     |
| Высота щели $H_2$ между нижней кромкой центральной трубы и поверхностью отражательного щита определяем из условия обеспечения в ней скорости | $H_2, \text{ м}$                                       | 0,24     |
| Высота слоя между низом отражательного щита и поверхностью осадка принимаем $H_3 = 0,3 \text{ м}$  | $H_3, \text{ м}$                                       | 0,3      |
| Высота борта отстойника (возвышение внешней стенки отстойника над кромкой сборной водосливной стенки)  | $H_4, \text{ м}$                                       | 0,5      |
| Общая высота цилиндрической части отстойника:  | $H_{\text{ц}} = H_1 + H_2 + H_3 + H_4, \text{ м}$      | 4,54     |
| Принимаем угол наклона стенок конусной части к горизонту равным 60. Тогда высота конусной части составит:                                    | $H_k, \text{ м}$                                       | 2,8      |
| Общая высота отстойника  | $H_{\text{ц}} = H_1 + H_k, \text{ м}$                  | 9,74     |

По результатам расчета на рис. 11 представлена конструкция вертикального отстойника с нисходяще-восходящим движением воды.

Таким образом, в работе представлены результаты экспериментальных исследований с получением математических моделей процесса очистки промывных вод при применении различных коагулянтов, позволяющие полу-

чить сравнительные характеристики эффективности очистки при прочих равных условиях: исходная концентрация, время отстаивания. По результатам исследования была составлена рекомендуемая технологическая схема процесса очистки, с детальной разработкой одного из сооружений по отстаиванию промывных вод – вертикального отстойника с нисходяще-восходящим движением потока воды.

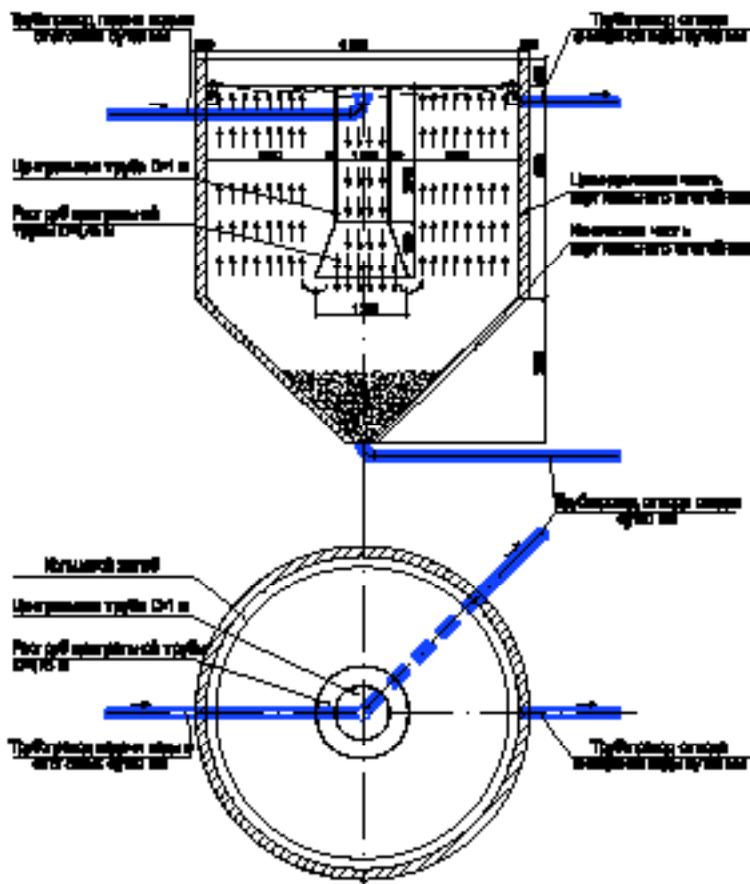


Рис. 11. Вертикальный отстойник с нисходяще-восходящим движением воды

## Выводы

1. Рассмотрены существующие технологические решения по очистке грязных промывных вод, получившие широкое распространение.

2. Представлена качественная характеристика промывных вод для одной водопроводной очистной станции г. Симферополя «Петровские скалы»

3. Представлены результаты трехфакторного ротатбельного, центрально-композиционного планирования эксперимента с обработкой экспериментальных данных и полученными уравнениями регрессии второго порядка, связывающего такие входящие данные, как: исходная концентрация взвешенных веществ, доза реагента, время отстаивания при применении различных реагентов, что позволило при фиксации одного параметра получать поверхности отклика в зависимости от искомых факторов.

4. Рекомендована технологическая схема очистки промывных вод скорых фильтров ВОС «Петровские скалы» с технологическим расчетом одного из сооружений отстаивания.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Очистка и повторное использование промывных вод водоочистных станций / Ю.Л. Сколупович, Е.Л. Войтов, А.А. Цыба [и др.] // *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2019 году: сб. науч. трудов РААСН. Т. 2.* М.: Изд. АСВ, 2020. С. 413–417.

2. *Николенко И.В., Котовская Е.Е., Фетляев Э.Э.* Анализ возможности внедрения системы непрерывной промывки на водопроводных очистных сооружениях Республики Крым // *Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. трудов. Симферополь: АСИА, КФУ им. В.И. Вернадского, 2018. Вып. 11(63). С. 147–159.*

3. *Бутко Д.А., Лысов В.А., Родионова А.Б.* Применение коагулянтов для обработки промывных вод скорых фильтров // *Градостроительство и архитектура. 2011. № 1. С. 50–53. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.10.*

4. *Гироль Н.Н., Бойчук С.Д., Котовская Е.Е.* Методы обезвреживания производственных отходов водопроводных очистных сооружений // *Строительство и техногенная безопасность. 2005. Вып. 12. С. 183–186.*

5. Экспериментальное обоснование и разработка технологии утилизации осадков промывных вод водоочистной станции / Н.Н. Гириль, С.Д. Бойчук, В.А. Мякишев, Е.Е. Котовская // *Строительство и технологическая безопасность*. 2006. Вып. 13–14. С. 129–134.

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

7. Николенко И.В., Котовская Е.Е., Алиев Л.А. Исследование и разработка метода утилизации осадков водоподготовки // *Яковлевские чтения – 2023. Системы водоснабжения и водоотведения. Современные проблемы и решения: сб. докладов участников XVIII Международной научно-технической конференции*. М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2023. С. 38–44.

8. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки воды. М.: Изд-во АСВ, 2003. 230 с.

9. Саутин С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. Л.: Химия, 1975. 48 с.

10. Кульский Л.А., Левченко Т.М., Петрова М.В. Химия и микробиология воды. Практикум. К.: Вища школа, 1976. 116 с.

11. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. К.: Наукова думка, 1980. 564 с.

12. Фрог Б.Н. Водоподготовка. М.: Изд-во МГУ, 1996. 680 с.

13. Примеры расчетов канализационных сооружений / Ласков Ю.М., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. М.: ИД «Альянс», 2008. 225 с.

## REFERENCES

1. Skolubovich Yu.L., Voitov E.L., Tsyba A.A. Treatment and reuse of wash water from water treatment plants. *Fundamental'nye, poiskovye i prikladnye issledovaniya Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk po nauchnomu obespecheniju razvitiya arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noj otrasli Rossijskoj Federacii v 2019 godu: sb. nauch. trudov RAASN* [Fundamental, search and applied research of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences on the scientific support of the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2019: Sat. scientific. of RAASN]. Moscow, ASV, Russian Academy of Architecture and Building Sciences, 2020, pp. 413–417. (In Russian).

2. Nikolenko I.V., Kotovskaya E.E., Fetlyaev E.E. Analysis of the possibility of introducing a continuous washing system at water treatment plants in the Republic of Crimea. *Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost': sb. nauch. trudov. Simferopol': ASiA»* [Construction and man-made safety: Sat. scientific. works. Simferopol: ASiA], 2018, iss. 11(63), pp. 147–159. (In Russian).

3. Butko D.A., Lysov V.A., Rodionova A.B. Use of coagulants for treatment of washing waters of fast fil-

ters. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2011, no. 1, pp. 50–53. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.10

4. Girol N.N., Boychuk S.D., Kotovskaya E.E. Methods of disposal of industrial waste from water treatment facilities. *Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'* [Construction and man-made safety], 2005, iss. 12, pp. 183–186. (in Russian)

5. Girol N.N., Boychuk S.D., Myakishev V.A., Kotovskaya E.E. Experimental justification and development of technology for disposal of wash water sediments of a water treatment plant. *Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'* [Construction and man-made safety], 2006, iss. 13–14, pp. 129–134. (in Russian)

6. Kichigin V.I., Yudin A.A. Study of the dependence of the specific resistance of the sediment on its humidity and the initial concentration of bentonite clouding agent. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 22–30. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.4

7. Nikolenko I.V., Kotovskaya E.E., Aliyev L.A. Research and development of a method for recycling water treatment sediments. *Jakovlevskie chtenija – 2023. Sistemy vodosnabzhenija i vodootvedenija. Sovremennye problemy i reshenija: sb. докладов* [Yakovlevsky readings – 2023. Water supply and drainage systems. Modern problems and solutions: Sat. reports]. Moscow, MGSU, 2023, pp. 38–44. (In Russian).

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

9. Sautin S.N. *Planirovanie jeksperimenta v himii i himicheskoj tehnologii* [Experiment Planning in Chemistry and Chemical Technology]. Leningrad, Chemistry, 1975. 48 p.

10. Kul'sky L.A., Levchenko T.M., Petrova M.V. *Himija i mikrobiologija vody. Praktikum* [Water chemistry and microbiology. Workshop]. Kyiv, Vischa school, 1976. 116 p.

11. Kul L.A. *Teoreticheskie osnovy i tehnologija kondicionirovanija vody* [Theoretical foundations and technology of water conditioning]. Kyiv, Naukova Dumka, 1980. 564 p.

12. Frog B.N. *Vodopodgotovka* [Water preparation]. Moscow, 1996. 680 p.

13. Laskov Yu.M., Laskov Yu.M., Voronov Yu.V., Kalitsun V.I. *Primery raschetov kanalizacionnyh sooruzhenij* [Examples of sewer calculations]. Moscow, ID "Alliance", 2008. 225 p.

Об авторах:

**ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна**

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

**TEPLYH Svetlana Yu.**

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

**КОТОВСКАЯ Елена Евгеньевна**

старший преподаватель кафедры инженерных систем в строительстве Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского 295007, Россия, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4 E-mail: elevkot@gmail.com

**KOTOVSKAYA Elena Ev.**

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

Для цитирования: Теплых С.Ю., Котовская Е.Е. Обоснование технологии обработки промывных вод водопроводных очистных сооружений с последующим возвратом в технологический цикл // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 38–48. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.05.

For citation: Teplyh S.Yu., Kotovskaya E.E. Substantiation of the technology of treatment of flushing water of water treatment facilities with subsequent return to the technological cycle. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 38–48. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.05.

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
«ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»**



Журнал включен с 01.12.2013 г. в Перечень ВАК, категория К-1, индексируется в системе РИНЦ, каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

Подписной индекс в каталоге агентства «Урал-Пресс»: 70870

Рубрики:  
• Строительство  
• Архитектура

Полный перечень рубрик можно посмотреть на официальном сайте журнала [journals.sco-tech.ru](http://journals.sco-tech.ru)

**ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ БЕСПЛАТНЫ!**

**Александр Кузьмич СТЕЛКОВ**  
доктор технических наук, главный редактор

443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
тел. (846) 242-36-98; +79276510709  
[vestnik@yandex.ru](mailto:vestnik@yandex.ru)



**А. И. ПОПОВ**  
**А. В. ЕРЕМИН**  
**Н. Н. КЕЧИН**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В КАНАЛЕ С ОРЕБРИЕМ НА ОСНОВЕ ТРИЖДЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ МИНИМАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

STUDY OF HEAT AND MASS TRANSFER IN A CHANNEL WITH FINS BASED  
ON A TRIPLY PERIODIC MINIMAL SURFACE

Представлена методика исследования теплопереноса в каналах теплообменных устройств, где для интенсификации теплообмена используются ребра, выполненные в форме трижды периодической минимальной поверхности (TPMS от англ. «triple periodic minimal surface») Шварца Primitive. Решение задачи теплопереноса осуществляется методом конечных элементов в модуле Fluent программного комплекса ANSYS. В работе рассматривается влияние начальной скорости потока, а также толщины TPMS-ребер на потери давления и температурные характеристики потока. Исследование показало, что TPMS-оробрение способствует интенсификации теплообмена и создает турбулентные течения в непосредственной близости к TPMS-каркасу. Потери давления в канале увеличиваются по степенному закону при увеличении начальной скорости потока. Полученные в рамках исследования результаты демонстрируют потенциал применения TPMS в теплообменных устройствах и открывают множество перспектив для дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** TPMS, теплоперенос, оробрение, метод конечных элементов, ANSYS

### Введение

Одной из главных целей современной инженерии является сокращение выбросов загрязняющих веществ ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), связанных со сжиганием твердых и жидких топлив. Ключевым фактором в решении проблемы выбросов

Presents a methodology for studying heat and mass transfer in the channels of heat exchange devices, where fins made in the form of a Schwarz Primitive triply periodic minimal surface (TPMS) are used to intensify heat transfer. The solution of the heat and mass transfer problem is carried out using the finite element method in the Fluent module of the ANSYS software package. The work examines the influence of the initial flow velocity, as well as the thickness of the TPMS fins on the pressure loss and temperature characteristics of the flow. The study showed that TPMS fins enhance heat transfer and create turbulent flows in close to the TPMS frame. The pressure loss in the channel increases according to a power law with increasing initial flow velocity. The results obtained in this study demonstrate the potential of using TPMS in heat exchange devices and open many prospects for further research.

**Keywords:** TPMS, heat and mass transfer, fins, finite element method, ANSYS

вредных веществ является использование возобновляемых источников энергии (солнечная, ветровая, геотермальная и др.). Однако в настоящее время при доле возобновляемых источников энергии в мировом энергетическом балансе, не превышающей 30 % (20 % в России), более перспективным направлением является разра-

ботка новых эффективных решений в области конструирования теплообменных устройств, рекуперативных систем, катализаторов и т. д.

На сегодняшний день ведется разработка огромного числа технологий, которые позволяют значительно повысить КПД источников и потребителей энергии [1-9]. Это может быть достигнуто путем оптимизации конструкций, использования новых материалов с высокой теплопроводностью, рекуперации тепла из отходящих газов, применения катализаторов для более полного сгорания топлива и обработки отходящих газов и очистки их от загрязняющих веществ, а также внедрения эффективных систем управления процессами сжигания.

Отдельно стоит отметить разнообразие подходов к созданию теплообменных устройств и рекуперативных систем [10–17]. Помимо научных исследований в области совершенствования классических видов теплообменников, таких как пластинчатые, кожухотрубные, «труба в трубе», появляются совершенно новые виды теплообменных устройств, в том числе: микро- и наноканальные теплообменники [18, 19], графеновые теплообменники [20] и др.

Для интенсификации теплообменных процессов в вышеперечисленных устройствах применяется множество методов, к которым относятся оребрение поверхностей, турбулизация потока и др. Создание дополнительного перемешивания потоков и увеличение коэффициента теплопередачи обычно осуществляется за счет продольных или поперечных ребер, расположенных на теплообменных поверхностях. Однако в условиях стремительно развивающегося технологического прогресса с появлением высокоточных 3D-принтеров, позволяющих производить объекты как из пластика, так и из металла, стоит обратить внимание на более сложные и эффективные структуры, такие как трижды периодические минимальные поверхности (TPMS, от англ. triply periodic minimal surface).

TPMS – это поверхности минимальной энергии, которые локально минимизируют свою площадь и повторяются в трех ортогональных направлениях. Одной из особенностей TPMS, позволяющей применять их в различного рода теплообменных устройствах, является способность делить пространство на два или более непересекающихся объема. Кроме того, благодаря своей структуре TPMS обеспечивают высокую прочность конструкций, а также большую суммарную площадь теплообмена при минимальном объеме. Множество работ, посвященных исследованию TPMS, подтверждают данные свойства [21–28]. Так, например, в работе [27] при помощи численного моделирования проводится морфологический анализ для установления связи между геометри-

ческими параметрами TPMS-решеток и характеристиками пористой структуры (сопротивление потоку, теплопередача и прочность). А в статье [28] численно и экспериментально определяются механические свойства TPMS-решеток, изготовленных на 3D-принтере. Авторы показали, что TPMS-материалы обладают превосходными прочностными свойствами по сравнению с другими решетчатыми структурами и могут быть использованы в качестве конструкционных материалов.

В настоящей работе предложена методика расчёта теплообменного устройства с TPMS-наполнением на основе вычислительного эксперимента в ANSYS Fluent. В качестве примера рассматривается участок теплообменника, в котором для интенсификации теплообмена применяются ребра в форме трижды периодической минимальной поверхности Шварца Primitive.

### Методология

На рис. 1 изображен элементарный элемент (элементарная ячейка) исследуемой трижды периодической минимальной поверхности Шварца P, а также решетка, образующаяся в результате копирования (трансляции) ячейки в трех ортогональных направлениях декартовой системы координат.

Множество существующих трижды периодических минимальных поверхностей обладают кубической симметрией. Это означает, что при повороте ячейки на 90 град вокруг любой из осей симметрии, изображенных на рис. 1, наблюдается полное совпадение всех точек исследуемой области.

При рассмотрении элементарной ячейки можно определить два характерных геометрических параметра: толщина стенки ячейки  $\delta$  и размер куба, где размер куба определяется длиной ребра  $a$  элементарной кубической ячейки. Эти параметры влияют на характеристики потока и будут варьироваться в процессе исследования.

Как было сказано ранее, большинство TPMS делят пространство на два или более непересекающихся объема. На рис. 2 представлены внешний и внутренний объемы, на которые делит пространство элементарная ячейка TPMS Шварца P.

В рамках исследования рассматривается задача тепломассопереноса в канале, заполненном пористой структурой, основанной на TPMS Шварца P, которая включает в себя решение основных дифференциальных уравнений: сохранения массы (1), импульса (2) и энергии (3).

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0, \quad (1)$$

$$\rho \left[ \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla \vec{v} \right] = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{v} + \frac{1}{3} \mu \nabla (\nabla \cdot \vec{v}) + \vec{F}_b, \quad (2)$$

$$\frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}(\rho E + p)) = \nabla(k\nabla T + (\vec{\tau} \cdot \vec{v})) + S_s, \quad (3)$$

где  $\rho$  – плотность;  $t$  – время;  $v$  – скорость;  $\mu$  – динамическая вязкость;  $\vec{F}_b$  – объемная сила;  $E$  – полная энергия единицы массы;  $p$  – давление;  $\vec{\tau}$  – тензор напряжений сдвига;  $S_s$  – источник энергии.

Однако получить аналитическое решение системы уравнений (1) – (3) с учётом сложной

геометрии ячейки Шварца Р крайне сложно. Поэтому для решения задачи используется численный метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе ANSYS Fluent. Геометрическая модель и краевые условия для численного решения задачи тепломассопереноса в пористой TPMS-среде изображены на рис. 3.

На входе в канал температура жидкости составляет  $T_0 = 300$  К, а начальная скорость по-

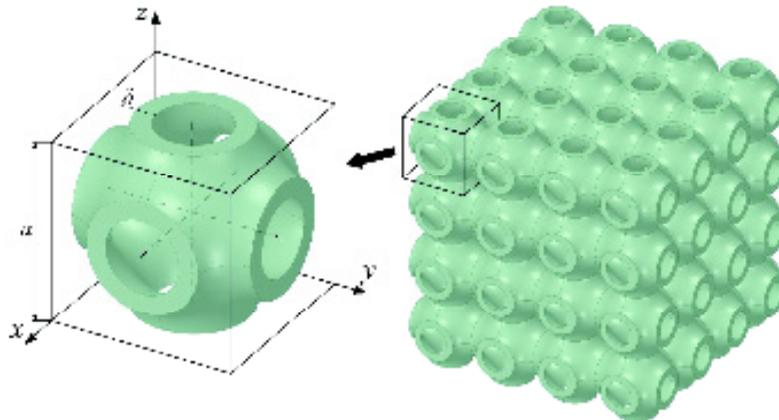


Рис. 1. TPMS Шварца Primitive

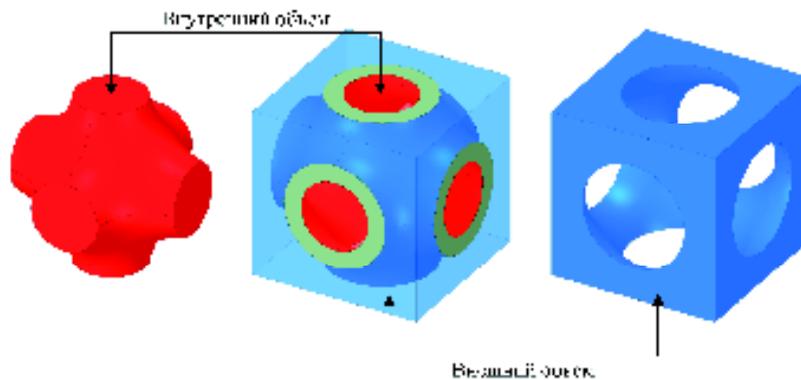


Рис. 2. Разделение пространства TPMS стенкой

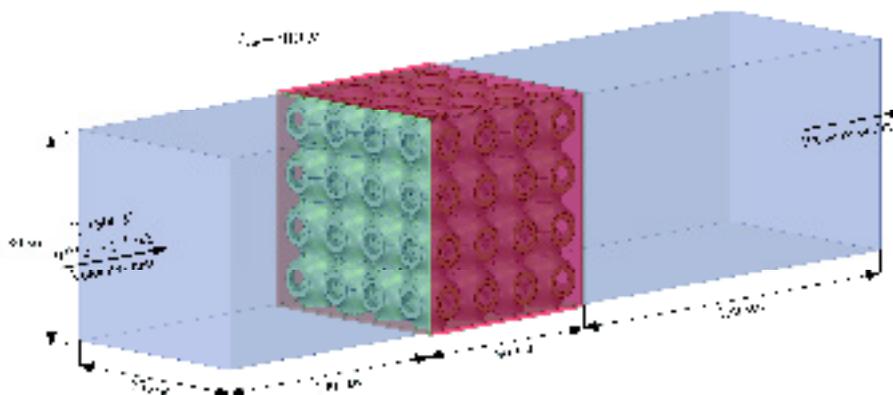


Рис. 3. Схема задачи

тока изменяется в диапазоне от 0,01 до 1 м/с. Свойства жидкости и металла, из которого изготовлен канал и TPMS-решетка, представлены в таблице. Ко всем боковым поверхностям на участке, где расположена пористая TPMS вставка, применяется граничное условие первого рода при температуре стенки  $T_{ст} = 700$  К. Исследование течения жидкости в канале выполняется при двух комбинациях геометрических параметров элементарной ячейки, а именно:  $a = 20$  мм,  $\delta = 1$  мм и  $a =$

20 мм,  $\delta = 2$  мм. Таким образом оценивается влияние толщины стенки ячейки на характеристики потока.

Пространственная сетка для решения задачи методом конечных элементов изображена на рис. 4. При ее построении использовались гексагональные элементы, поскольку они позволяют получить более точное решение и быструю сходимость в рассматриваемой геометрической области по сравнению с тетраэдральной и кубической сеткой.

#### Свойства исследуемых материалов

| Материал | Теплопроводность, Вт/(м·К) | Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К) | Плотность, кг/м <sup>3</sup> | Вязкость, кг/м·с |
|----------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------|
| Вода     | 0,6                        | 4182                             | 998,2                        | 0,001003         |
| Алюминий | 202,4                      | 871                              | 2719                         | –                |

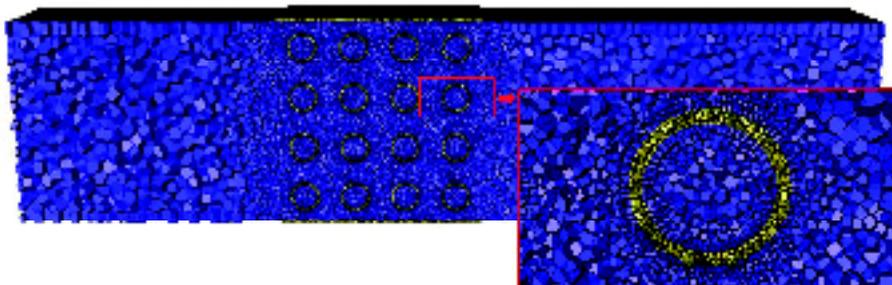


Рис. 4. Сетка

В ходе построения сетки был проведен анализ сеточной сходимости (рис. 5) и определено, что оптимальным является решение на сетке, состоящей из 4 – 4,5 млн. ячеек, поскольку дальнейшее увеличение количества элементов значительного влияния на точность решения не оказывает, но сильно увеличивает длительность и сложность решения.

При численном решении задачи тепломассопереноса в исследуемой пространственной области при помощи метода конечных элемен-

тов в программном комплексе ANSYS был принят ряд допущений:

1. Свойства материалов постоянны и не зависят от температуры.
2. Теплообмен через стенки канала отсутствует.
3. Процесс стационарен, т. е. скорость, давление и другие параметры не изменяются со временем.

#### Результаты

При анализе результатов численного моделирования тепломассопереноса в канале с квадратным сечением, в котором была размещена вставка в форме трижды периодической минимальной поверхности Шварца Primitive, было обнаружено несколько ключевых гидродинамических и тепловых зависимостей.

Полученные контуры скорости (рис. 6) и температуры (рис. 7) демонстрируют распределение этих параметров по всему каналу. Анализ профилей скорости показывает, что зоны турбулентного течения возникают в областях, непосредственно прилегающих

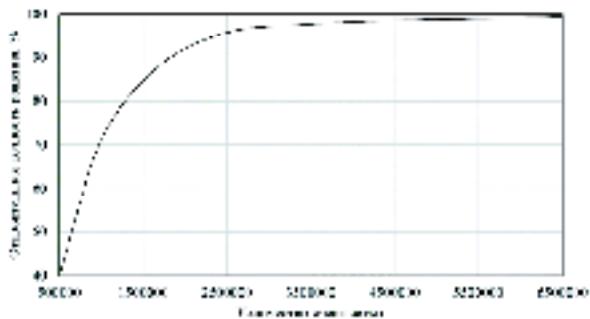


Рис. 5. Сходимость сетки

к TPMS-каркасу, что способствует интенсификации теплообмена.

На основе численного эксперимента получены зависимости потерь давления в канале и температуры воды на выходе из канала от начальной скорости потока (рис. 8).

Полученные графики иллюстрируют, что потери давления увеличиваются с увеличением начальной скорости потока по степенному закону. Рост потерь давления в потоке жидкости обусловлен увеличением трения между жидкостью и стенками канала, а также увеличением внутреннего трения в жидкости. Каркас на основе трижды периодической минимальной поверхности Шварца Р внутри канала приводит к возникновению сложных турбулентных течений, которые приводят к дополнительным потерям давления.

Обнаруженные зависимости соответствуют теоретическим ожиданиям и подтверждают возможность использования TPMS Шварца Р

для интенсификации теплообмена. Полученные результаты позволяют прогнозировать поведение системы при различных начальных скоростях потока, что может быть полезно при проектировании теплообменных систем. Например, в системах масляного охлаждения турбин, в автомобильных теплообменниках, системах теплоснабжения и др.

Полученные результаты могут отличаться в зависимости от конкретных параметров и условий эксперимента, включая материал и геометрию вставки, а также свойства используемой жидкости. Вместо воды в данном канале может протекать любая другая жидкость или газ. Поэтому целью дальнейших исследований в этом направлении будет определение универсальных зависимостей, позволяющих определить гидродинамические и тепловые характеристики потока в зависимости от характерных геометрических параметров и граничных условий.

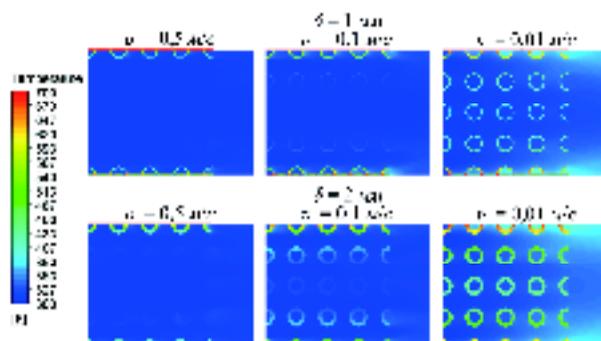


Рис. 6. Контурные распределения температуры

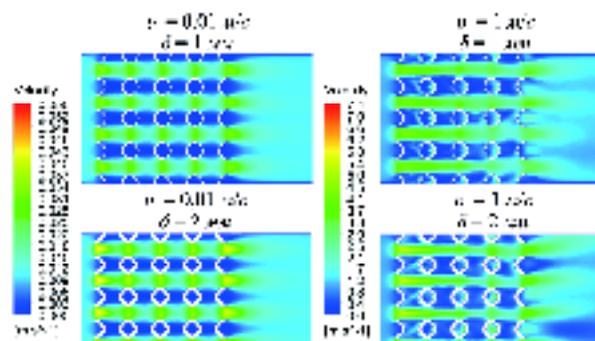


Рис. 7. Контурные распределения скорости

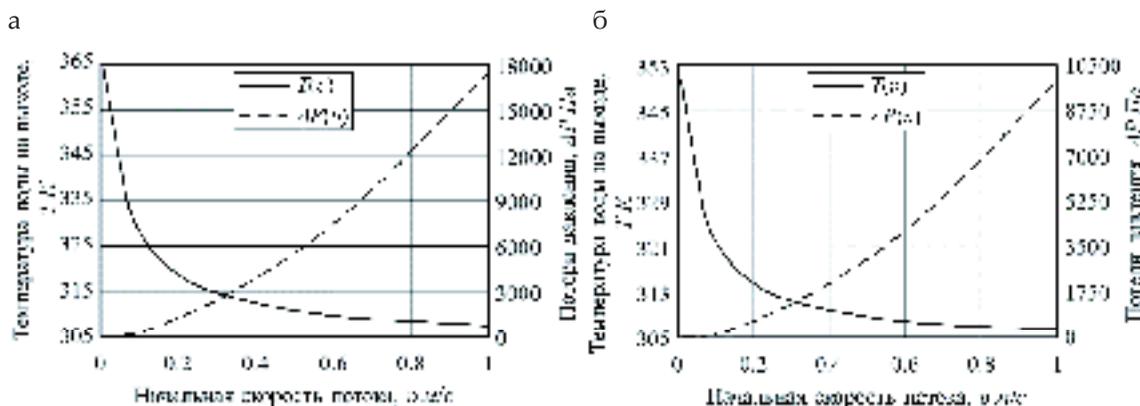


Рис. 8. Графики зависимости температуры и потерь давления от начальной скорости потока: а – при  $a = 20$  мм,  $\delta = 2$  мм; б – при  $a = 20$  мм,  $\delta = 1$  мм

### Заключение

В статье представлена методика определения полей температуры и скорости в канале с TPMS-оребрением на основе вычислительного эксперимента в ANSYS Fluent.

В ходе исследования тепломассопереноса в канале с квадратным сечением, внутри которого расположена вставка из трижды периодических минимальных поверхностей Шварца Primitive, были получены зависимости характеристик потока от геометрических параметров

TPMS-решетки. Показано, что потери давления в канале увеличиваются по степенному закону при увеличении начальной скорости потока, а температура воды на выходе из канала снижается. Это свидетельствует о сложной природе взаимодействия потока с пространственной структурой вставки, что открывает широкие возможности для дальнейших исследований и оптимизации процессов теплоассоциации.

Результаты исследования демонстрируют потенциал применения минимальных поверхностей Шварца Primitive в области теплообмена и могут быть использованы для совершенствования конструкции теплообменных устройств. Кроме того, TPMS-решетки, изготовленные из специальных материалов, могут использоваться в качестве каталитических вставок в различных технологических задачах, обеспечивая при этом высокую эффективность при минимальной массе и размерах.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-23-00300, <https://rscf.ru/project/22-23-00300/>*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ngo I.L. et al. A new design of ground heat exchanger with insulation plate for effectively geothermal management // *Geothermics*. 2022. V. 105. P. 102512. DOI: 10.1016/j.geothermics.2022.102512
2. Milovanović Z.N., Branković D.L., Milovanović V.Z. J. Efficiency of condensing thermal power plant as a complex system – An algorithm for assessing and improving energy efficiency and reliability during operation and maintenance // *Reliability Modeling in Industry 4.0*. 2023. P. 233–325. DOI: 10.1016/b978-0-323-99204-6.00005-4
3. Wang Y. et al. Thermo-economic analysis of a waste-to-energy assisted carbon capture system for a coal-fired power plant // *Applied Thermal Engineering*. 2023. V. 229. P. 120594. DOI: 10.2139/ssrn.4243447
4. Elgamal A.H., Vahdati M., Shahrestani M. Assessing the economic and energy efficiency for multi-energy virtual power plants in regulated markets: A case study in Egypt // *Sustainable Cities and Society*. 2022. V. 83. P. 103968. DOI: 10.1016/j.scs.2022.103968
5. Bayramov A.N. Comprehensive assessment of system efficiency and competitiveness of nuclear power plants in combination with hydrogen complex // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2023. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.03.314
6. Aditya L. et al. A review on insulation materials for energy conservation in buildings // *Renewable and sustainable energy reviews*. 2017. V. 73. P. 1352–1365. DOI: 10.1016/j.rser.2017.02.034
7. Cuce P.M., Riffat S. A comprehensive review of heat recovery systems for building applications // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. V. 47. P. 665–682. DOI: 10.1016/j.rser.2015.03.087
8. De Gracia A., Cabeza L.F. Phase change materials and thermal energy storage for buildings // *Energy and Buildings*. 2015. V. 103. P. 414–419. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.06.007
9. Barakat S. et al. Enhancement of gas turbine power output using earth to air heat exchanger (EAHE) cooling system // *Energy conversion and management*. 2016. V. 111. P. 137–146. DOI: 10.1016/j.enconman.2015.12.060
10. Zohuri B. *Compact heat exchangers*. Springer. 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-29835-1
11. Pordanjani A.H. et al. An updated review on application of nanofluids in heat exchangers for saving energy // *Energy Conversion and Management*. 2019. V. 198. P. 111886. DOI: 10.1016/j.enconman.2019.111886
12. Dixit T., Ghosh I. Review of micro- and mini-channel heat sinks and heat exchangers for single phase fluids // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. V. 41. P. 1298–1311. DOI: 10.1016/j.rser.2014.09.024
13. Hesselgreaves J.E., Law R., Reay D. *Compact heat exchangers: selection, design and operation*. Butterworth-Heinemann, 2016.
14. Shabgard H. et al. Heat pipe heat exchangers and heat sinks: Opportunities, challenges, applications, analysis, and state of the art // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2015. V. 89. P. 138–158. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.05.020
15. Okonkwo E.C. et al. An updated review of nanofluids in various heat transfer devices // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2021. V. 145. P. 2817–2872. DOI: 10.1007/s10973-020-09760-2
16. Pashchenko D. First law energy analysis of thermochemical waste-heat recuperation by steam methane reforming // *Energy*. 2018. V. 143. P. 478–487. DOI: 10.1016/j.energy.2017.11.012
17. Pashchenko D. Energy optimization analysis of a thermochemical exhaust gas recuperation system of a gas turbine unit // *Energy Conversion and Management*. 2018. V. 171. P. 917–924. DOI: 10.1016/j.enconman.2018.06.057
18. Huang B. et al. Experimental investigation of the flow and heat transfer performance in micro-channel heat exchangers with cavities // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2020. V. 159. P. 120075. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.120075
19. Ramesh K.N., Sharma T.K., Rao G.A. P. Latest advancements in heat transfer enhancement in the micro-channel heat sinks: a review // *Archives of Computational Methods in Engineering*. 2021. V. 28. P. 3135–3165. DOI: 10.1007/s11831-020-09495-1
20. Fares M., Mohammad A.L.M., Mohammed A.L.S. Heat transfer analysis of a shell and tube heat exchanger operated with graphene nanofluids // *Case Studies in Thermal Engineering*. 2020. V. 18. P. 100584. DOI: 10.1016/j.csite.2020.100584
21. Han L., Che S. An overview of materials with triply periodic minimal surfaces and related geometry: From biological structures to self-assembled systems // *Advanced Materials*. 2018. V. 30. N. 17. P. 1705708. DOI: 10.1002/adma.201705708

22. Al-Ketan O., Abu Al-Rub R.K. Multifunctional mechanical metamaterials based on triply periodic minimal surface lattices // *Advanced Engineering Materials*. 2019. V. 21. N. 10. P. 1900524. DOI: 10.1002/adem.201900524
  23. Feng J. et al. Isotropic porous structure design methods based on triply periodic minimal surfaces // *Materials & Design*. 2021. V. 210. P. 110050. DOI: 10.1016/j.matdes.2021.110050
  24. Chen Z. et al. On hybrid cellular materials based on triply periodic minimal surfaces with extreme mechanical properties // *Materials & Design*. 2019. V. 183. P. 108109. DOI: 10.1016/j.matdes.2019.108109
  25. Abueidda D. W. et al. Effective conductivities and elastic moduli of novel foams with triply periodic minimal surfaces // *Mechanics of Materials*. 2016. V. 95. P. 102–115. DOI: 10.1016/j.mechmat.2016.01.004
  26. Sychov M.M. et al. Mechanical properties of energy-absorbing structures with triply periodic minimal surface topology // *Acta Astronautica*. 2018. V. 150. P. 81–84. DOI: 10.1016/j.actaastro.2017.12.034
  27. Cheng Z., Xu R., Jiang P.X. Morphology, flow and heat transfer in triply periodic minimal surface based porous structures // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2021. V. 170. P. 120902. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.120902
  28. Abueidda D.W. et al. Mechanical properties of 3D printed polymeric cellular materials with triply periodic minimal surface architectures // *Materials & Design*. 2017. V. 122. P. 255–267. DOI: 10.1016/j.matdes.2017.03.018
- ## REFERENCES
1. Ngo I.L. et al. A new design of ground heat exchanger with insulation plate for effectively geothermal management. *Geothermics*. 2022. V. 105. P. 102512. DOI: 10.1016/j.geothermics.2022.102512
  2. Milovanović Z.N., Branković D.L., Milovanović V.Z.J. Efficiency of condensing thermal power plant as a complex system – An algorithm for assessing and improving energy efficiency and reliability during operation and maintenance. *Reliability Modeling in Industry 4.0*. 2023. P. 233–325. DOI: 10.1016/b978-0-323-99204-6.00005-4
  3. Wang Y. et al. Thermo-economic analysis of a waste-to-energy assisted carbon capture system for a coal-fired power plant. *Applied Thermal Engineering*. 2023. V. 229. P. 120594. DOI: 10.2139/ssrn.4243447
  4. Elgamal A.H., Vahdati M., Shahrestani M. Assessing the economic and energy efficiency for multi-energy virtual power plants in regulated markets: A case study in Egypt. *Sustainable Cities and Society*. 2022. V. 83. P. 103968. DOI: 10.1016/j.scs.2022.103968
  5. Bayramov A.N. Comprehensive assessment of system efficiency and competitiveness of nuclear power plants in combination with hydrogen complex. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2023. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.03.314
  6. Aditya L. et al. A review on insulation materials for energy conservation in buildings. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2017. V. 73. P. 1352–1365. DOI: 10.1016/j.rser.2017.02.034
  7. Cuce P.M., Riffat S. A comprehensive review of heat recovery systems for building applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. V. 47. P. 665–682. DOI: 10.1016/j.rser.2015.03.087
  8. De Gracia A., Cabeza L.F. Phase change materials and thermal energy storage for buildings. *Energy and Buildings*. 2015. V. 103. P. 414–419. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.06.007
  9. Barakat S. et al. Enhancement of gas turbine power output using earth to air heat exchanger (EAHE) cooling system. *Energy Conversion and Management*. 2016. V. 111. P. 137–146. DOI: 10.1016/j.enconman.2015.12.060
  10. Zohuri B. *Compact heat exchangers*. Springer. 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-29835-1
  11. Pordanjani A.H. et al. An updated review on application of nanofluids in heat exchangers for saving energy. *Energy Conversion and Management*. 2019. V. 198. P. 111886. DOI: 10.1016/j.enconman.2019.111886
  12. Dixit T., Ghosh I. Review of micro-and mini-channel heat sinks and heat exchangers for single phase fluids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. V. 41. P. 1298–1311. DOI: 10.1016/j.rser.2014.09.024
  13. Hesselgreaves J.E., Law R., Reay D. *Compact heat exchangers: selection, design and operation*. Butterworth-Heinemann. 2016.
  14. Shabgard H. et al. Heat pipe heat exchangers and heat sinks: Opportunities, challenges, applications, analysis, and state of the art. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2015. V. 89. P. 138–158. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.05.020
  15. Okonkwo E.C. et al. An updated review of nanofluids in various heat transfer devices. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2021. V. 145. P. 2817–2872. DOI: 10.1007/s10973-020-09760-2
  16. Pashchenko D. First law energy analysis of thermochemical waste-heat recuperation by steam methane reforming. *Energy*. 2018. V. 143. P. 478–487. DOI: 10.1016/j.energy.2017.11.012
  17. Pashchenko D. Energy optimization analysis of a thermochemical exhaust gas recuperation system of a gas turbine unit. *Energy Conversion and Management*. 2018. V. 171. P. 917–924. DOI: 10.1016/j.enconman.2018.06.057
  18. Huang B. et al. Experimental investigation of the flow and heat transfer performance in micro-channel heat exchangers with cavities. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2020. V. 159. P. 120075. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.120075
  19. Ramesh K.N., Sharma T.K., Rao G.A.P. Latest advancements in heat transfer enhancement in the micro-channel heat sinks: a review. *Archives of Computational Methods in Engineering*. 2021. V. 28. P. 3135–3165. DOI: 10.1007/s11831-020-09495-1
  20. Fares M., Mohammad A.L.M., Mohammed A.L.S. Heat transfer analysis of a shell and tube heat exchanger operated with graphene nanofluids. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2020. V. 18. P. 100584. DOI: 10.1016/j.csite.2020.100584

21. Han L., Che S. An overview of materials with triply periodic minimal surfaces and related geometry: From biological structures to self-assembled systems. *Advanced Materials*. 2018. V. 30. N. 17. P. 1705708. DOI: 10.1002/adma.201705708
22. Al-Ketan O., Abu Al-Rub R.K. Multifunctional mechanical metamaterials based on triply periodic minimal surface lattices. *Advanced Engineering Materials*. 2019. V. 21. N. 10. P. 1900524. DOI: 10.1002/adem.201900524
23. Feng J. et al. Isotropic porous structure design methods based on triply periodic minimal surfaces. *Materials & Design*. 2021. V. 210. P. 110050. DOI: 10.1016/j.matdes.2021.110050
24. Chen Z. et al. On hybrid cellular materials based on triply periodic minimal surfaces with extreme mechanical properties. *Materials & design*. 2019. V. 183. P. 108109. DOI: 10.1016/j.matdes.2019.108109
25. Abueidda D.W. et al. Effective conductivities and elastic moduli of novel foams with triply periodic minimal surfaces. *Mechanics of Materials*. 2016. V. 95. P. 102–115. DOI: 10.1016/j.mechmat.2016.01.004
26. Sychov M.M. et al. Mechanical properties of energy-absorbing structures with triply periodic minimal surface topology. *Acta Astronautica*. 2018. V. 150. P. 81–84. DOI: 10.1016/j.actaastro.2017.12.034
27. Cheng Z., Xu R., Jiang P.X. Morphology, flow and heat transfer in triply periodic minimal surface based porous structures. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2021. V. 170. P. 120902. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.120902
28. Abueidda D.W. et al. Mechanical properties of 3D printed polymeric cellular materials with triply periodic minimal surface architectures. *Materials & Design*. 2017. V. 122. P. 255–267. DOI: 10.1016/j.matdes.2017.03.018

Об авторах:

**ПОПОВ Андрей Игоревич**

старший преподаватель кафедры промышленной теплоэнергетики  
Самарский государственный технический университет  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: pixinot@icloud.com

**ЕРЕМИН Антон Владимирович**

доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой промышленной теплоэнергетики  
Самарский государственный технический университет  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: a.v.eremin@list.ru

**КЕЧИН Никита Николаевич**

аспирант кафедры промышленной теплоэнергетики  
Самарский государственный технический университет  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: director@samaraclimat.ru

**POPOV Andrey Ig.**

Senior Lecturer of the Industrial Heat  
Power Engineering Chair  
Samara State Technical University  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244  
Email: pixinot@icloud.com

**EREMIN Anton V.**

Doctor of Engineering Science, Associate Professor,  
Head of the Industrial Thermal Power Engineering Chair  
Samara State Technical University  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244  
E-mail: a.v.eremin@list.ru

**KECHIN Nikita N.**

Post graduate student of the Industrial Thermal Power  
Engineering Chair  
Samara State Technical University  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244  
E-mail: director@samaraclimat.ru

Для цитирования: Попов А.И., Еремин А.В., Кечин Н.Н. Исследование тепломассопереноса в канале с оребрением на основе трижды периодической минимальной поверхности // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 49–56. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.06.

For citation: Popov A.I., Eremin A.V., Kechin N.N. Study of heat and mass transfer in a channel with fins based on a triply periodic minimal surface. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 49–56. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.06.

**В. М. ШЕИН**  
**В. Е. КРИВОШЕЕВ**  
**А. А. НИКИТИН**

## **МЕТОДИКА РАСЧЁТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛОСКОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ НА ПЛОСКОСТЬ ПОЛА С УЧЁТОМ ВЛИЯНИЯ УГЛОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ**

**CALCULATION METHOD OF THE RADIATION EFFICIENCY OF A FLAT RADIATOR  
ON THE FLOOR PLANE TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF ANGLE COEFFICIENTS**

*На сегодняшний день существующие методики определения угловых коэффициентов сложны для применения в инженерных расчетах. В статье предложен новый подход к определению угловых коэффициентов. Используя плоскопараллельную систему координат, основные правила и закономерности физики и геометрии, была разработана и описана в программном продукте MS Excel методика определения угловых коэффициентов излучения от излучателя на плоскости потолка на объект, находящийся на плоскости пола. Исследования показали, что предлагаемая методика расчета в значительной степени упрощает вычислительные операции, позволяет с большей точностью определить искомые параметры и спроектировать эффективную модель помещения с инфракрасными обогревателями.*

**Ключевые слова:** радиационное отопление, угловые коэффициенты, тепловой поток, система координат, тепловой комфорт, инфракрасный излучатель

Проектирование системы лучистого теплообмена включает в себя множество факторов, влияющих как на эффективность устанавливаемого теплообменного оборудования, так и на комфорт человека, находящегося в данном помещении [1, 2]. Одним из наиболее важных параметров, определяющих, насколько проектируемая система будет работать эффективно, является угловой коэффициент излучения. В теории теплообмена выделяется несколько разновидностей угловых коэффициентов: элементарный, локальный, средний. Элементарный угловой коэффициент характеризует отношение теплового потока, излученного от одной элементарной площадки тела № 1 на элементарную площадку тела № 2 к тепловому потоку собственного излучения, который распространяется от тела № 1 по всем направлениям в пределах полусферы (180 град). Локальный угловой коэффициент характеризуется отношением теплового потока, излучаемого с одной элементарной площадки

*To date, the existing methods for determining the angle coefficients are difficult to apply in engineering calculations. In this research paper, a new approach to the determination of angular coefficients has been proposed. Using the plane-parallel system of coordinates, basic rules and laws of physics and geometry, the procedure of determination of angular coefficients of radiation from the radiator on the ceiling plane, on the object located on the floor plane was developed and described in MS Excel program product. The research showed that the proposed calculation procedure considerably simplifies calculation operations, allows to determine required parameters with higher accuracy and design the effective model of a room with infrared heaters.*

**Keywords:** radiant heating, angle coefficients, heat flux, coordinate system, thermal comfort, infrared radiator

тела № 1 на поверхность конечных размеров другого тела к тепловому потоку собственного излучения, который распространяется от тела № 1 по всем направлениям в пределах полусферы (180 град). Средний угловой коэффициент характеризует количество теплоты, излученное с поверхности № 1 на поверхность № 2 к тепловому потоку собственного излучения, который распространяется от тела № 1 по всем направлениям в пределах полусферы (180 град) [3, 4]. При исследовании радиационного теплообмена важно знать, каким образом происходит процесс излучения между телами. Отметим, что существующие сегодня методы определения угловых коэффициентов сложны для применения в инженерных расчетах. Разрабатываемая методика расчета позволит в значительной степени упростить процесс проектирования систем радиационного теплообмена.

Представим схему теплообмена между излучательной панелью, расположенной на

потолке, и поверхностью  $dx$ , расположенной на уровне пола помещения.

В связи с тем, что, согласно закону Ламберта, излучение распространяется одинаково во всех направлениях, целесообразно свести решение пространственной задачи к плоскопараллельной [5, 6]. Рассмотрим помещение как плоскость конечных размеров и введем плоскопараллельную систему координат (рис. 1). Здесь ось ординат будет соответствовать уровню потолка помещения, а ось абсцисс – уровню пола помещения.

Опишем представленную схему:

- положение точек на полу – координата « $x$ »;
- положение точки на нагревателе – координата « $y$ »;
- положение поверхности  $dx$  – неподвижно;
- расположение  $dx$  посередине под излучателем;
- отрезок  $[0, 2b]$  – длина излучателя;
- отсчет расстояния « $y$ » будет вестись от левого края излучателя ( $y = 0$ ), в середине излучателя ( $y = b$ ), в правом крае излучателя ( $y = 2b$ ).

Используя свойство взаимности угловых коэффициентов ( $dF_{dx-dy} = dF_{dy-dx}$ ), определим локальный угловой коэффициент с поверхности  $dx$  на  $dy$  в соответствии с рис. 2 [7]. Положение точек примем за расположение элементарных поверхностей  $dy$  (длин) на поверхности излучателя.

В полученном прямоугольном треугольнике угол  $\alpha$  может принимать любые значения от 0 до  $\pi/2$ .

Рассмотрим левую часть расчетной схемы ( $0 \leq y \leq b$ ). Элементарный угловой коэффициент

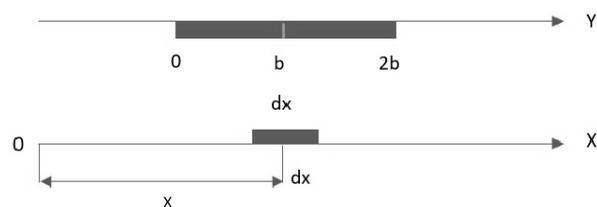


Рис. 1. Схема теплообмена в плоскопараллельной системе координат

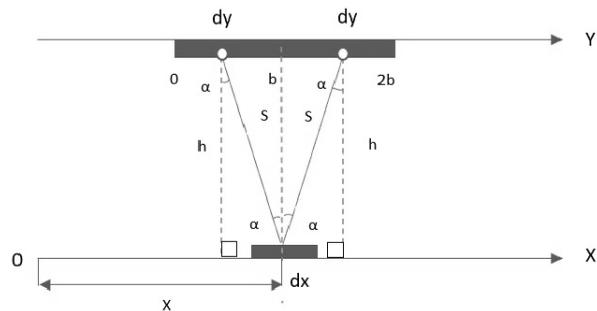


Рис. 2. Расположение поверхностей на излучателе и их геометрия

с площадки  $dx$  на  $dy$  определяется соотношением [8]:

$$dF_{dx-dy} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\cos \alpha \cdot \cos \alpha}{S} dy. \tag{1}$$

Используя элементарные преобразования и правила геометрии, имеем следующие зависимости:

$$\cos \alpha = \frac{h}{S}; \quad dF_{dx-dy} = \frac{1}{2} \cdot \frac{h^2}{S^3} dy \quad S^2 = h^2 + (x-y)^2; \\ S = \sqrt{h^2 + (x-y)^2}; \quad S^3 = \sqrt{h^2 + (x-y)^2}^3.$$

Подставим найденные зависимости в уравнение (1):

$$dF_{dx-dy} = \frac{1}{2} \cdot \frac{h^2}{(h^2 + (x-y)^2)^{3/2}} dy. \tag{2}$$

Преобразуем знаменатель выражения и возьмем интеграл от (2) по левой части излучателя в пределах  $[0, b]$ . Так как значение  $h = const$ , то « $h$ » можно внести под знак дифференциала [9]. После математических вычислений полученное выражение будет характеризовать локальный угловой коэффициент с половины излучателя на элементарную поверхность  $dx$ , положение точки, как отмечалось выше, фиксированное и имеет значение координаты « $x$ » – ( $x = const$ ). Используя правила вычисления интегралов и поскольку значение  $h = const$ , то « $x$ » можно также вычесть либо прибавить под знаком дифференциала. Отсюда выражение (2) примет вид:

$$dF_{dx-лев} = -\frac{1}{2} \int_0^b \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{x-y}{h}\right)^2\right)^{3/2}} d\left(\frac{x-y}{h}\right). \tag{2a}$$

Полученное подынтегральное выражение имеет табличное значение согласно книге: Двайт Г.Б «Таблицы интегралов и другие математические формулы» [10]. Преобразовав полученное выражение после подстановки и интегрирования, получим зависимость, характеризующую локальный угловой коэффициент с левой половины излучателя:

$$dF_{dx-лев} = \frac{1}{2} \left( \frac{\frac{x}{h}}{\left(1 + \left(\frac{x}{h}\right)^2\right)^{3/2}} - \frac{\frac{x-y}{h}}{\left(1 + \left(\frac{x-y}{h}\right)^2\right)^{3/2}} \right). \tag{3}$$

Чтобы удостовериться в том, что выражения для определения углового коэффициента в левой ( $0 \leq y \leq b$ ) и правой части ( $b \leq y \leq 2b$ ) одинаковы, проведем те же математические операции, которые применялись при рассмотрении левой части излучателя. Зависимость  $dF_{dx-dy}$  и  $\cos \alpha$  останутся без изменений. Значение  $S$ , исходя из рис. 2, примет вид:

$$S = \sqrt{h^2 + (y-x)^2}; S^2 = h^2 + (y-x)^2; S^3 = \sqrt{h^2 + (y-x)^2}^3.$$

Подставляем известные и найденные параметры в уравнение (1), преобразуем и возьмем интеграл по правой части излучателя в диапазоне  $[b, 2b]$ . Воспользуемся также заложенным ранее условием  $x = const$ :

$$dF_{dx-const} = -\frac{1}{2} \int_b^{2b} \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{y-x}{h}\right)^2\right)^{1.5}} d\left(\frac{y-x}{h}\right).$$

Данное подынтегральное выражение имеет то же табличное значение, как и для случая расчета [10] в пределах  $[b; 2b]$ . Преобразовав полученное выражение после интегрирования, получим выражение для локального углового коэффициента с правой половины излучателя:

$$dF_{dx-const} = \frac{1}{2} \left( \frac{\frac{2b-x}{h}}{\left(1 + \left(\frac{2b-x}{h}\right)^2\right)^{1.5}} - \frac{\frac{b-x}{h}}{\left(1 + \left(\frac{b-x}{h}\right)^2\right)^{1.5}} \right). \quad (4)$$

Выражение  $dF_{dx-dy}$  – одинаковое для «левой» и «правой» части излучателя, поскольку в соотношении, описывающем угловой коэффициент, есть компонент  $(x^2 + y^2)$ , показатель которого позволяет сделать вывод о том, что совершенно не имеет значение, какой из параметров больше или меньше « $x$ » или « $y$ ».

Рассмотрим теперь случай, когда излучатель и элементарный участок находятся на удалении от излучателя на расстоянии  $S$  (рис. 3).

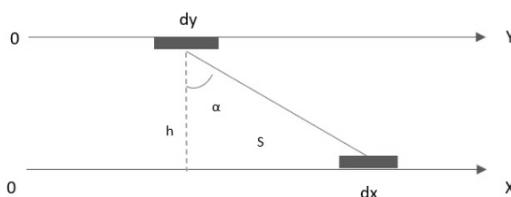


Рис. 3. Излучатель и элементарный участок на расстоянии

Используя основное уравнение (2), произведем расчет формулы для определения локального углового коэффициента для данной системы. Найденное после преобразования и интегрирования соотношение характеризует локальный угловой коэффициент для системы, в которой элементарный участок удален от излучателя на расстояние  $S$ :

$$dF_{dx-dy} = -\frac{1}{2} \left( \frac{\frac{x-y}{h}}{\left(1 + \left(\frac{x-y}{h}\right)^2\right)^{1.5}} + \frac{\frac{x-y}{h}}{\left(1 + \left(\frac{x-y}{h}\right)^2\right)^{1.5}} \right). \quad (5)$$

Далее, зная зависимости, описывающие локальный угловой коэффициент с поверхности на левую и правую часть излучателя, а также если поверхности удалены друг от друга, найдем локальный угловой коэффициент с точки пола на весь нагреватель. Схема взаимного расположения представлена на рис. 4.

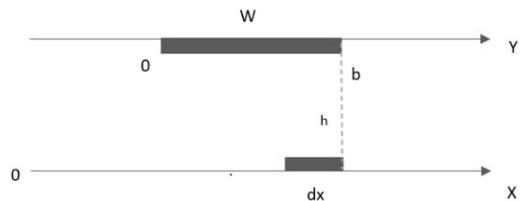


Рис. 4. Расчетная схема

Начало оси ординат поместим в начало нагревателя  $W$ . Локальный угловой коэффициент с точки пола на весь нагреватель  $dF_{dx-W}$  будет характеризовать выражение (2). Преобразуем и проинтегрируем (2), при этом совершим замену переменной, а именно  $(h^2 + (x - y)^2)^{1/2}$ . После преобразования имеем следующее соотношение:

$$dF_{dx-W} = \frac{1}{2} \int_0^b \frac{d(x-y)}{R^3}. \quad (6)$$

Решение этого интеграла имеет табличное значение согласно [10]. Результатом интегрирования становится выражение для локального углового коэффициента с точки пола на весь нагреватель:

$$dF_{dx-W} = \frac{1}{2h^2} \left( \frac{x}{\left(h^2 + x^2\right)^{1.5}} - \frac{x-b}{\left(h^2 + (x-b)^2\right)^{1.5}} \right). \quad (7)$$

Для упрощения расчета по представленным формулам в программном продукте MS Excel была написана программа для определения локального углового коэффициента.

На схеме (рис. 5) отмечены все параметры исходя из архитектурно-строительных харак-

теристик здания, взаимного расположения излучателей на потолке и распространения тепловых потоков. В соответствующие ячейки задаются значения параметров: высота помещения, длина излучателей, расстояние по поверхности пола.

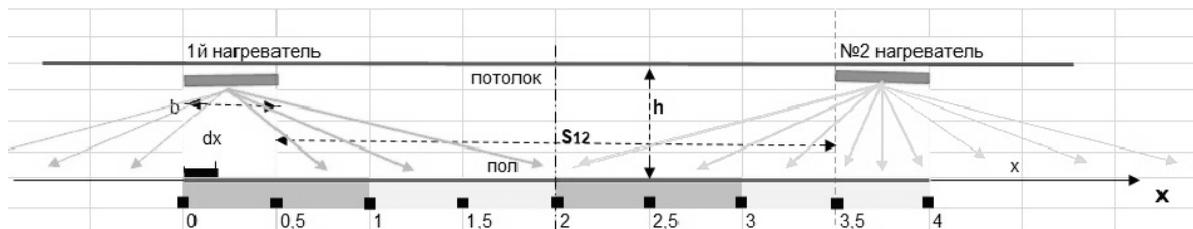


Рис. 5. Расчетная схема взаимного расположения поверхностей и параметры, описывающие распределение тепловых потоков

Таблица 1

Значения угловых коэффициентов от каждого излучателя и их сумма

| x, м               | 0      | 0,25   | 0,5    | 1,5    | 2,5    | 3,5    | 4,5    | 5,5    | 6,5    | 6,75   | 7      |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| dF <sub>Прав</sub> | 0,0157 | 0,0159 | 0,0157 | 0,0114 | 0,0066 | 0,0036 | 0,0021 | 0,0013 | 0,0008 | 0,0007 | 0,0007 |
| dF <sub>Лев</sub>  | 0,0007 | 0,0007 | 0,0008 | 0,0013 | 0,0021 | 0,0036 | 0,0066 | 0,0114 | 0,0157 | 0,0159 | 0,0157 |
| dF <sub>два</sub>  | 0,016  | 0,017  | 0,017  | 0,013  | 0,009  | 0,007  | 0,009  | 0,013  | 0,017  | 0,017  | 0,016  |

Все значения вводятся в соответствующие ячейки (рис. 6), после чего автоматически будет произведено вычисление вспомогательных компонентов.

Основная формула для расчета углового коэффициента заложена в программе:

$$dF_{\Delta-\pi} = \frac{1}{2h^2} \left( \frac{x}{(h^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}} - \frac{x-b}{(h^2 + (x-b)^2)^{\frac{1}{2}}} \right)$$

По итогам расчета формируется табл. 1 со значениями локальных угловых коэффициентов от каждого излучателя и суммы этих коэффициентов (рис. 7).

Известно, что угловые коэффициенты показывают долю теплоты, падающую на поверхность от излучателя [11]. Исходя из графика можно сделать вывод о том, что из всего количества теплоты, излученного нагревательной панелью в центр помещения, придет 0,007 доли от общей мощности излучателя. Максимальное значение доли теплового потока составляет 0,0159 доли от мощности излучателя.

Изменим параметр расстояния между нагревателями (S) и длину нагревателя (b): b = 1,5 м, S = 4 м.

|                              |                |  |
|------------------------------|----------------|--|
| h, м = 2,5                   | можно изменять | высота от пола до потолка                        |
| b, м = 0,5                   |                | длина нагревателя на потолке                     |
| x, м                         | ось            | расстояний по полу                               |
| S12 м = 6                    |                | расстояние между внутренними краями нагревателей |
| h/S12 = 0,42                 | можно изменять | относительное расстояние нагревателей            |
| h <sup>2</sup> = 6,25        |                | квадрат высоты                                   |
| 1/(2h <sup>2</sup> ) = 0,080 |                | 1/два квадрата высоты                            |

Рис. 6. Исходные и вспомогательные параметры № 1

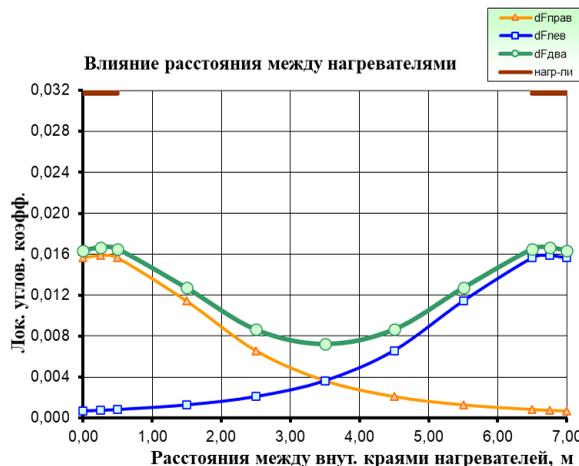


Рис. 7. Влияние расстояния между нагревателями на тепловой поток от излучателей

По итогам расчета формируется табл. 2 со значениями угловых коэффициентов от каждого излучателя и суммы этих коэффициентов для новых исходных данных (рис. 8).

Исходя из графика (рис. 8) можно сделать вывод о том, что, уменьшив расстояние между излучателями до 4 м и увеличив длину потолочной радиационной панели до 1,5 м, из всего количества теплоты, излученного нагревателем в центр помещения, придет 0,03 доли от общей мощности излучателя (увеличение теплового потока в 4,28 раза в сравнении с табл. 1). Максимальное значение доли теплового потока составляет 0,05 доли от мощности излучателя (увеличение теплового потока в 3,14 раза в сравнении с табл. 1). Характер кривой графика при новых взятых размерах показывает, что на точку пола между нагревателями теперь падает большее количество теплоты, чем при прежних размерах.

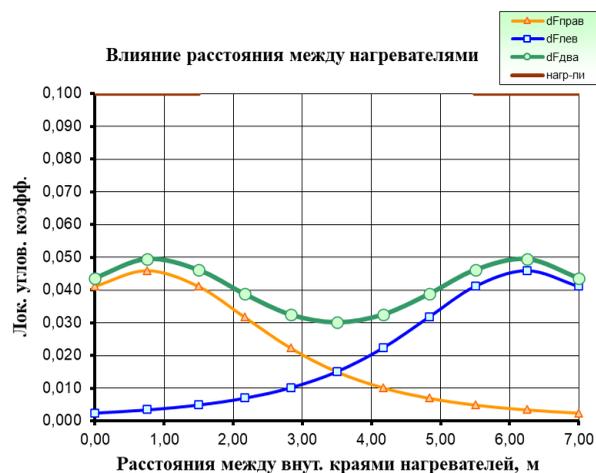


Рис. 8. Влияние расстояния между нагревателями на тепловой поток от излучателей при исходных данных № 2

Таблица 2

Значения угловых коэффициентов от каждого излучателя и их сумма

| х, м   | 0      | 0,75   | 1,5    | 2,17   | 2,83   | 3,50   | 4,17   | 4,83   | 5,5    | 6,25   | 7      |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| dFправ | 0,0412 | 0,0460 | 0,0412 | 0,0318 | 0,0223 | 0,0151 | 0,0102 | 0,0071 | 0,0050 | 0,0035 | 0,0025 |
| dFлев  | 0,0025 | 0,0035 | 0,0050 | 0,0071 | 0,0102 | 0,0151 | 0,0223 | 0,0318 | 0,0412 | 0,0460 | 0,0412 |
| dFдва  | 0,044  | 0,049  | 0,046  | 0,039  | 0,033  | 0,030  | 0,033  | 0,039  | 0,046  | 0,049  | 0,044  |

**Заключение.** Угловые коэффициенты излучения – это параметры, которые характеризуют направленность излучения электромагнитных волн. Их значимость заключается в том, что они позволяют определить, в каком направлении наиболее эффективно излучается тепловая энергия (определить долю тепла, падающего на поверхность от излучателя), что очень важно для создания комфортного микроклимата в помещении [12]. Предложенный в данной методике расчёта подход к определению угловых коэффициентов позволит определить точное направление, в котором излучатель будет распределять энергию, что позволяет более качественно спроектировать систему инфракрасного отопления помещения и рассчитать необходимое количество излучателей для обогрева объекта.

Кроме того, угловые коэффициенты излучения могут быть использованы для управления тепловым потоком и минимизации потерь теплоты. Например, если угол излучения слишком широкий, то тепло может распространяться в нежелательном направлении, что неэффективно. Если же угол излучения слишком узкий, то тепло будет очень сконцентрировано, что может привести к перегреву объекта.

Таким образом, угловые коэффициенты излучения играют важную роль в эффективном и управляемом обогреве объектов с использованием инфракрасных излучателей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулин А.Б., Санкина Ю.Н., Рябова Т.В. Обоснование параметра результирующей комфортной температуры // Вестник Международной академии холода. 2021. № 1. С. 28–33. DOI 10.17586/1606-4313-2021-20-1-28-33. EDN AQIQIY.
2. Aviv D., Hou M., Teitelbaum E., Meggers F. Simulating invisible light: a model for exploring radiant cooling's impact on the human body using ray tracing. SIMULATION. 2022. 0(0). DOI:10.1177/00375497221115735.
3. Шацков А.О. Определение температуры адiabатных поверхностей в помещениях с лучистым отоплением // Теплоэнергетика. 2021. № 9. С. 64–70. DOI 10.1134/S0040363621090083. EDN VXLADA.
4. Басов А.А. Комбинированный алгоритм определения углового коэффициента излучения между многоугольниками контурным интегрированием // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2022. № 1. С. 66–80. DOI 10.31857/S0002331022010034. EDN ASXQII.

5. Шейн В.М. Особенности применения низкотемпературных инфракрасных излучателей в системах отопления зданий // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО: мат-лы Пятдесят первой (LI) науч. и учеб.-методич. конференции Университета ИТМО, Санкт-Петербург, 02–05 февраля 2022 года. Санкт-Петербург: Национальный исследовательский университет ИТМО, 2022. Т. 1, С. 280–284. EDN UASBZX.

6. Винокуров Д.К. Классификация методов расчёта диффузных угловых коэффициентов излучения // Математическое моделирование. 2019. Т. 31, № 12. С. 57–70. DOI 10.1134/S0234087919120050. EDN FDFKGP.

7. Hongli S., Mengfan D., Yifan W., Borong L., Zixu Y., Haitian Z. Thermal performance investigation of a novel heating terminal integrated with flat heat pipe and heat transfer enhancement // Energy. 2021. 236. 121411. DOI: 10.1016/j.energy.2021.121411.

8. Карагузов В.И. Тепловая производительность радиационного нагревателя в летний период // Омский научный вестник. Серия Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2019. Т. 3, № 3. С. 26–32. DOI 10.25206/2588-0373-2019-3-3-26-32. EDN GVCYMH.

9. Редько А.А., Куликова Н.В., Бурда Ю.А. Численный анализ параметров лучшей системы отопления с излучающими // Проблемы региональной энергетики. 2020. № 1(45). С. 59–70. DOI 10.5281/zenodo.3713405. EDN QNZCAS.

10. Двайт Г. Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. М. : Наука, 1977. 60 с.

11. Minzhi Y., Serageldin A.A., Radwan A.M., Hideki S., Katsunori N. Thermal performance of ceiling radiant cooling panel with a segmented and concave surface // Laboratory analysis. Applied Thermal Engineering. 2021. 196. 117280. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2021.117280.

12. Цой А.П., Бараненко А.В., Грановский А.С., Цой Д.А. Моделирование работы установки с радиационным охлаждением для кондиционирования воздуха // Вестник Международной академии холода. 2019. № 3. С. 3–4. DOI: 10.17586/1606-4313-2019- 18-3-3.

## REFERENCES

1. Sulin AB, Sankina JN, Ryabova TV. Justification of the resulting comfortable temperature parameter. *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda* [Bulletin of the International Academy of Cold], 2021, no. 1, pp. 28–33. (in Russian) DOI 10.17586/1606-4313-2021-20-1-28-33. EDN AQIQIY.

2. Aviv D, Hou M, Teitelbaum E, Meggers F. Simulating invisible light: a model for exploring radiant cooling's impact on the human body using ray tracing. *SIMULATION*. 2022. 0(0). DOI:10.1177/00375497221115735

3. Shatskov A.O. Determination of adiabate surfaces temperature in rooms with radiant heating. *Teplojenergetika* [Power system], 2021, no. 9, pp. 64–70. (in Russian) DOI 10.1134/S0040363621090083. EDN VXLADA.

4. Basov A.A. Combined algorithm for determining the angular coefficient of radiation between polygons by contour integration. *Izvestija Rossijskoj akademii nauk. Jenergetika* [Izvestia of the Russian Academy of Sciences. Power], 2022, no. 1, pp. 66–80. (in Russian) DOI 10.31857/S0002331022010034. EDN ASXQII.

5. Shein V.M. Features of the use of low-temperature infrared emitters in building heating systems. *Al'manah nauchnyh rabot molodyh uchenyh Universiteta ITMO: materialy Pjat'desjat pervoj (LI) nauchnoj i uchebno-metodicheskoj konferencii Universiteta ITMO, Sankt-Peterburg, 02–05 fevralja 2022 goda* [Almanac of scientific works of young scientists of ITMO University: materials of the Fifty-first (LI) scientific and educational-methodological conference of ITMO University, St. Petersburg, February 02-05, 2022]. St. Petersburg, 2022, V. 1, pp. 280–284. (In Russian). EDN UASBZX.

6. Vinokurov D.K. Classification of methods for calculating diffuse angular coefficients of radiation. *Matematicheskoe modelirovanie* [Mathematical modeling], 2019, vol. 31, no. 12, pp. 57–70. (in Russian) DOI 10.1134/S0234087919120050. EDN FDFKGP.

7. Hongli S., Mengfan D., Yifan W., Borong L., Zixu Y., Haitian Z. Thermal performance investigation of a novel heating terminal integrated with flat heat pipe and heat transfer enhancement. *Energy*. 2021. 236. 121411. DOI: 10.1016/j.energy.2021.121411

8. Karagusov V.I. Heat capacity of radiation heater in summer. *Omskij nauchnyj vestnik. Serija Aviacionno-raketnoe i jenergeticheskoe mashinostroenie* [Omsk Scientific Bulletin. Series Aircraft Missile and Power Engineering], 2019, vol. 3, no. 3, pp. 26–32. (in Russian) DOI 10.25206/2588-0373-2019-3-3-26-32. EDN GVCYMH.

9. Redko A.A., Kulikova N.V., Burda Yu.A. Numerical analysis of parameters of radiant heating system with radiating. *Problemy regional'noj jenergetiki* [Regional Energy Challenges], 2020, no. 1(45), pp. 59–70. (in Russian) DOI 10.5281/zenodo.3713405. EDN QNZCAS.

10. Dwight G.B. *Tablicy integralov i drugie matematicheskie formuly* [Integrals Tables and Other Mathematical Formulas]. Moscow, Nauka, 1977. 60 p.

11. Minzhi Y., Serageldin A.A., Radwan A.M., Hideki S., Katsunori N. Thermal performance of ceiling radiant cooling panel with a segmented and concave surface. Laboratory analysis. Applied Thermal Engineering. 2021. 196. 117280. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2021.117280

12. Tsoi A.P., Baranenko A.V., Granovsky A.S., Tsoi D.A. Simulating the operation of a radiation cooling plant for air conditioning. *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda* [Bulletin of the International Academy of Cold], 2019, no. 3, pp. 3–4. (in Russian) DOI: 10.17586/1606-4313-2019- 18-3-3

Об авторах:

**ШЕИН Владислав Максимович**

аспирант образовательного центра  
энергоэффективных инженерных систем  
Университет ИТМО  
197101, Россия, г. Санкт-Петербург,  
Кронверкский пр., 49, лит. А  
E-mail: shein512.54@gmail.com  
ORCID:0000-0002-0777-651X

**SHEIN Vladislav M.**

Postgraduate student of the Education Center  
for Energy Efficient Engineering Systems  
ITMO University  
197101, Russia, St. Petersburg, Kronverksky pr., 49, lit. A  
E-mail: shein512.54@gmail.com  
ORCID:0000-0002-0777-651X

**КРИВОШЕЕВ Владимир Евгеньевич**

кандидат технических наук, доцент кафедры  
промышленной теплоэнергетики  
Самарский государственный технический университет  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: krvidm@yandex.com  
ORCID: 0000-0003-2365-1861

**KRIVOSHEEV Vladimir Ev.**

PhD in of Engineering Sciences, Associate Professor  
of Industrial Heat and Power Engineering Chair  
Samara State Technical University  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244  
E-mail: krvidm@yandex.com  
ORCID: 0000-0003-2365-1861

**НИКИТИН Андрей Алексеевич**

кандидат технических наук, доцент образовательного  
центра энергоэффективных инженерных систем  
Университет ИТМО  
197101, Россия, г. Санкт-Петербург,  
Кронверкский пр., 49, лит. А  
E-mail: andyquest@mail.ru  
ORCID:0000-0002-0084-7282

**NIKITIN Andrey Al.**

PhD in of Engineering Sciences, Associate Professor  
of the Energy Efficient Engineering Systems  
ITMO University  
197101, Russia, St. Petersburg, Kronverksky pr., 49, lit. A  
E-mail: andyquest@mail.ru  
ORCID:0000-0002-0084-7282

Для цитирования: Шейн В.М., Кривошеев В.Е., Никитин А.А. Методика расчёта эффективности излучения плоского излучателя на плоскость пола с учётом влияния угловых коэффициентов // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 57–63. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.07.

For citation: Shein V.M., Krivosheev V.E., Nikitin A.A. Calculation method of the radiation efficiency of a flat radiator on the floor plane taking into account the influence of angle coefficients. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 57–63. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.07.



О. А. БАЛАНДИНА

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ УСТРОЙСТВА ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

DETERMINATION OF THE DESIGN FEATURES OF THE DEVICE  
FOR NEUTRALIZING TOXIC COMPONENTS OF FLUE GASES

*Рассмотрено влияние нагрузки котельного агрегата на область протекания гетерогенных реакций процесса каталитической очистки дымовых газов. Определены оптимальные геометрические характеристики монолита нейтрализатора при варьировании паропроизводительности котельного агрегата ТГМЕ-464 от 220 до 500 т/ч. Расчеты выполнены с применением математической модели для условий действующего энергетического оборудования. Детерминирован оптимальный размер элементарной ячейки блока катализатора в широком диапазоне регулирования нагрузки котла. Полученные в результате исследования данные легли в основу проектирования образца промышленного нейтрализатора токсичных компонентов дымовых газов без введения внешнего реагента.*

*The influence of the boiler unit load on the area of heterogeneous reactions of the process of catalytic flue gas purification is considered. The optimal geometric characteristics of the neutralizer monolith were determined when the steam capacity of the TGME-464 boiler unit varied from 220 to 500 t/h. The calculations were performed using a mathematical model for the conditions of the operating power equipment. The optimal size of the unit cell of the catalyst block is determined in a wide range of boiler load regulation. The data obtained as a result of the study formed the basis for designing a sample of an industrial neutralizer of toxic flue gas components without the introduction of an external reagent.*

**Ключевые слова:** катализатор, очистка дымовых газов, выбросы, геометрические характеристики, котельный агрегат

**Keywords:** catalyst, flue gas purification, emissions, geometric characteristics, boiler unit

Сокращение атмосферных выбросов от котельных установок, сжигающих газообразное топливо, может осуществляться по двум основным направлениям: совершенствование технологических процессов и очистка выбросов при сохранении существующих технологий. Одним из наиболее универсальных методов газоочистки является каталитическая нейтрализация, в процессе осуществления которой отсутствует образование вторичных загрязнителей [1]. В промышленных условиях процессы каталитической очистки проходят в области внешней диффузии, поэтому скорость реакции определяется макрокинетическими факторами [2].

При сжигании природного газа в топках котельных агрегатов основными загрязнителями, выбрасываемыми в атмосферу, являются оксиды азота и углерода. Одновременную очистку по данным загрязнителям позволяют проводить методы глубокого каталитического окисления [3].

С целью установления оптимальных конструктивных особенностей керамического носителя блока-реактора принимались эксплуатационные параметры и компоновочные решения, определенные по результатам режимно-наладочных испытаний котельного агрегата ТГМЕ-464 (КА № 12) ТЭЦ ВАЗа [4]. Выбор промотора катализа определялся его ак-

тивностью в отношении азотистых соединений, так как реакции окисления СО на поверхности реактора идут в прямом направлении при значениях температуры потока до 1500 °С. Наибольшая селективность нейтрализации NO<sub>x</sub>, обусловленная переходом восстановительных реакций к первому порядку в интервале температур от 250 до 450 °С, наблюдается при использовании нанесенного катализатора, содержащего активный компонент в виде 0,5 % Pt [4].

Была сформирована общая конструкция каталитического блока, представляющего собой реактор из керамического монолита с сотовой структурой в виде ячеек, образующих каналы квадратного сечения, на которые нанесен слой каталитически активного вещества (платины).

В зависимости от соотношения скоростей химического взаимодействия и подвода окиси азота к поверхности катализатора процессы нейтрализации могут протекать в кинетической или диффузионной областях, а следовательно, ограничиваются не только интенсивностью молекулярного превращения, но и внешними параметрами. Основными физическими характеристиками дымовых газов, обуславливающими диффузионные процессы, являются объемная скорость и время пребывания потока выбросов в слое монолита блока-реактора:

$$\tau = \frac{3600 \cdot V_{\text{кат}} \cdot \varepsilon}{Q_{\text{д.г.}}} \cdot 10^{-3}, \text{ с}, \quad (1)$$

где  $V_{\text{кат}}$  – объем монолита блока-реактора, м<sup>3</sup>;  $\varepsilon$  – доля свободного объема монолита блока-реактора (принималась 0,5);  $Q_{\text{д.г.}}$  – расход дымовых газов, м<sup>3</sup>/ч [5].

Зависимость времени контактирования дымовых газов на керамическом монолите катализатора от их объемной скорости, представленная в табл. 1, вычислялась на основании данных режимных карт станционного котла ТГМЕ-464, установленного на территории ТЭЦ Волжского автозавода г. Тольятти. Геометрические характеристики блока-реактора определялись из расчета промышленных условий эксплуатации и жестко привязаны к конструктивным габаритам газоходов агрегата в [4].

Молекулярно-кинетические исследования процессов нейтрализации оксидов азота на

поверхности каталитического монолита показали, что при объемной скорости реагентов до 15000 ч<sup>-1</sup> определяющим фактором, лимитирующим процесс катализа, является внешнедиффузионное торможение. При возрастании объемной скорости свыше 15000 ч<sup>-1</sup> и температуре дымовых газов до 500 °С общую скорость нейтрализации лимитирует химическая реакция. Переход реакций в кинетическую область связан с высокой турбулентностью потока дымовых газов, влияющей на возрастание коэффициента молекулярной диффузии [6, 7].

Из конструктивных характеристик на диффузионные процессы превалирующее влияние оказывает размер ячейки сотового монолита. Для определения ее оптимальных размеров использовали выкладки авторов [8–10], согласно которым рассчитывали толщину пограничного слоя:

$$\delta = \frac{C_0^{NO_x} \cdot D_{\text{д.г.}}}{C^{NO_x}(0) \cdot k_m} \cdot 10^3, \text{ мм}, \quad (2)$$

где  $\delta$  – расстояние от оси стенки до середины элементарной ячейки монолита, мм;  $k_m$  – расчетная константа скорости лимитирующей реакции окислительного процесса, с<sup>-1</sup>;  $D_{\text{д.г.}}$  – коэффициент молекулярной диффузии, м<sup>2</sup>/с;  $C_0^{NO_x}(0)$  – объемная концентрация NO<sub>x</sub> в дымовых газах, моль/м<sup>3</sup>;  $C^{NO_x}(0)$  – концентрация NO<sub>x</sub> на поверхности каталитического слоя монолита, моль/м<sup>2</sup>.

Для процессов нейтрализации, при данном объеме катализатора, увеличение линейной скорости и уменьшение размера элементарной ячейки монолита в определенных пределах благоприятно сказывается на степени превращения [10]. Однако возрастание скорости газового потока приводит к увеличению силы трения и, соответственно, гидравлического сопротивления слоя катализатора [6].

Детерминация оптимальных геометрических характеристик монолита блока-реактора проводилась с учетом контролирующей стадии процесса при варьировании паропроизводительности котельного агрегата от 220 до 500 т/ч. Анализ выполнялся для вариантов типоразмеров ячеек: 6x6, 8x8 и 10x10 мм. Габариты реактора определялись степенью эффективности процессов газоочистки в рамках стационарного

Таблица 1

| Показатель                         | Нагрузка котла ТГМЕ-464, $D_{\text{пр}}$ т/ч |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                    | 220  | 260   | 300   | 340   | 380   | 420   | 460   | 500   |
| Объемная скорость, ч <sup>-1</sup> | 18168  | 20095 | 22578 | 24738 | 27081 | 28381 | 31467 | 34014 |
| Время контактирования, с           | 0,20   | 0,18  | 0,16  | 0,15  | 0,13  | 0,13  | 0,11  | 0,11  |

режима протекания реакций нейтрализации  $NO_x$  в промышленных условиях.

Анализ распределения концентраций оксидов азота по длине каталитического слоя выполнялся с помощью математической модели взаимодействия  $NO_x$  с атомарным кислородом на поверхности Pt катализатора, рассмотренной в [4]:

$$\text{Для } NO \begin{cases} \frac{\partial C^{NO_x}}{\partial h} = \frac{\sum_{n=1}^z k_n \cdot C_{(0)}^{NO_x}}{v_z}; \\ \frac{\partial T}{\partial h} = \frac{\sum_{n=1}^z k_n \cdot C_{(0)}^{NO_x} \cdot q_m}{v_z \cdot c_p} - q_m; \\ \frac{\partial C^{NO_x}}{\partial \tau} = \beta \cdot (C_0^{NO_x} - C_{(0)}^{NO_x}) \cdot F; \\ \sum_{n=1}^z k_n \cdot C_{(0)}^{NO_x} \cdot q_m = \alpha \cdot (T_{d,z} - T_k) \cdot F, \end{cases} \quad (3)$$

где  $z$  – число реакций;  $\alpha$  – удельная площадь поверхности катализатора,  $m^2/m^3$ ;  $T_k, T_{d,z}$  – температура на поверхности катализатора и температура дымовых газов соответственно, К;  $\beta$  – коэффициент теплоотдачи, кВт/( $m^2 \cdot K$ );  $q_m$  – тепловой эффект реакции  $m$ , кДж/моль;  $\beta$  – коэффициент массоотдачи, моль/( $m^2 \cdot c \cdot \text{моль}/m^3$ );  $h_k$  – высота каталитического слоя, м;  $v_z$  – скорость потока газа, м/с;  $c_p$  – удельная изобарная теплоемкость потока газа, кДж/( $m^3 \cdot K$ ).

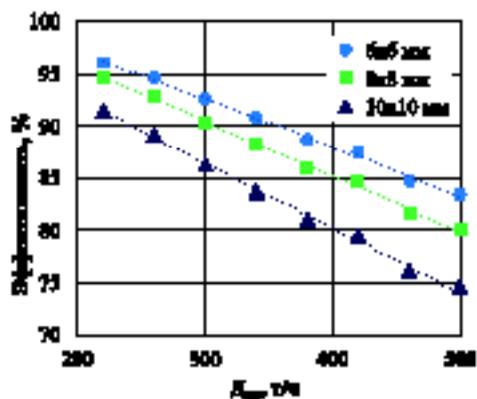


Рис. 1. График изменения эффективности очистки блока катализатора при варьировании нагрузки котельного агрегата

Определенная с помощью математической модели зависимость распределения градиента концентраций  $NO_x$  по длине блока-реактора от размеров элементарной ячейки его носителя приведена в табл. 2.

Графические зависимости степени эффективности очистки при условии равномерного распределения дымовых газов по слою катализатора от конструктивных особенностей монолита блока-реактора в диапазоне нагрузки котла от 220 до 500 т/ч представлены на рис. 1–3.

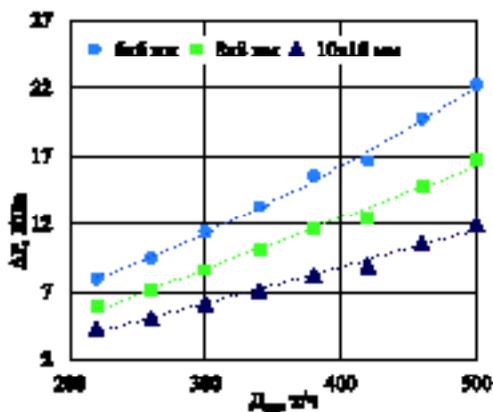


Рис. 2. График изменения гидравлического сопротивления блока катализатора при варьировании нагрузки котельного агрегата

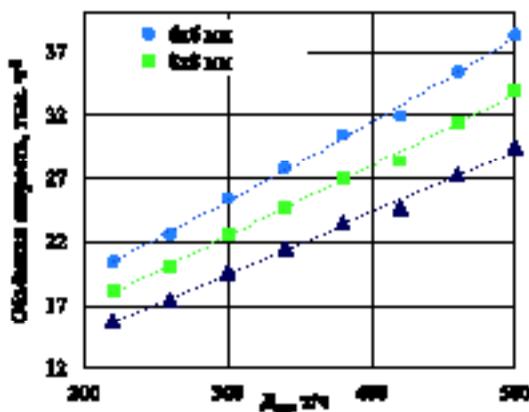


Рис. 3. График изменения объемной скорости дымовых газов в сечении блока катализатора при варьировании нагрузки котельного агрегата

Таблица 2

| Размер ячейки, мм | Градиент концентраций $NO_x$ , % об/м, при нагрузке котла ТГМЕ-464, $D_{гр}$ , т/ч |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | 220  | 260   | 300   | 340   | 380   | 420   | 460   | 500   |
| 6x6               | 0,013  | 0,011 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,011 | 0,012 | 0,012 |
| 8x8               | 0,014  | 0,012 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,012 | 0,013 | 0,014 |
| 10x10             | 0,017  | 0,014 | 0,013 | 0,012 | 0,013 | 0,014 | 0,015 | 0,016 |

**Вывод.** Экономическая эффективность предлагаемого способа очистки в промышленных условиях зависит от объемной скорости дымовых газов и минимального гидравлического сопротивления слоя реактора, при которых обеспечивается требуемая степень нейтрализации токсичных компонентов выбросов. По данным корреляционных зависимостей можно сделать вывод, что наиболее оптимальным вариантом по соотношению потерь давления и уровня снижения приведенной концентрации  $NO_x$  по длине каталитического слоя является блок-реактор с геометрическими параметрами ячейки 8x8 мм. Предложенная конструкция блочного носителя позволяет получить оптимальную степень очистки дымовых газов при минимально возможных энергозатратах. Математическая модель, ранее предложенная автором [4], даёт возможность прогнозировать степень эффективности очистки, в том числе в условиях производства. Полученные в ходе исследования данные использованы в разработке полезной модели промышленного нейтрализатора токсичных компонентов дымовых газов без введения внешнего реагента.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дегтярев А.В., Кича М.А. Формирование каталитических оксидных покрытий на металлических носителях // *Материалы Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной году российского кино*. 2017. С. 154–157.
2. Семенова Т.А., Лейтес И.Л. Очистка технологических газов. М.: Химия, 1977. 488 с.
3. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. Минск: Академкнига, 2004. 680 с.
4. Balandina O.A. On the question of increasing the purification efficiency of flue gases from the boiler unit of HEPS Volzhsky automobile plant // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing. 2021. V. 1083. N. 1. P. 012078.
5. Разработка блочного катализатора сотовой структуры и реактора очистки выхлопных газов от оксидов азота / В.А. Векшин, Е.Р. Грабовецкая, В.А. Лобойко, А.В. Кобзев // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2015. № 5. С. 223–227.
6. Лазарев М.Ю., Махоткин И.А., Шарафисламов Ф.Ш. Исследование кинетики реакции восстановления оксидов азота аммиаком на различных катализаторах // *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. Т. 15, № 7. С. 11–14.
7. Моисеев М.М. Исследование кинетики процесса восстановления оксидов азота на никель-медных катализаторах // *Проблемы науки. Химия и химическая технология: материалы Всероссийской научно-технической конференции*. Новомосковск: РИЦ НИ РХТУ, 2021. С. 15–19.
8. Ткаченко С.Н. Гомогенное и гетерогенное разложение озона: дис. ... канд. техн. наук. М.: Моск. гос. ун-т им. МВ Ломоносова, 2004. 400 с.
9. Воробьев А.Х. Диффузионные задачи в химической кинетике. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. 98 с.
10. Технология катализаторов / И.П. Мухленов, Е.И. Добкина, В.И. Дерюжжина, В.Е. Сороко; под ред. И.П. Мухленова. Изд.3-е, перераб. Л.: Химия, 1989. 272 с.

## REFERENCES

1. Degtyarev A.V., Kicha M.A. Formation of catalytic oxide coatings on metal carriers. *Materialy Vserossijskoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, posvjashhennoj godu rossijskogo kino* [Materials of the All-Russian conference of students, graduate students and young scientists dedicated to the year of Russian cinema]. 2017, pp. 154–157. (In Russian).
2. Semenova T.A., Leites I.L. *Ochistka tehnologicheskikh gazov* [Process Gas Purification]. Moscow, Chemistry, 1977. 488 p.
3. Krylov O.V. *Geterogenyj kataliz* [Heterogeneous catalysis]. Minsk, Akademkniga, 2004. 680 p.
4. Balandina O.A. On the question of increasing the purification efficiency of flue gases from the boiler unit of HEPS Volzhsky automobile plant. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing. 2021. V. 1083. N. 1. P. 012078.
5. Vekshin V.A., Grabovetskaya E.R., Loboiko V.A., Kobzev A.V. Development of block catalyst of honeycomb structure and reactor for purification of exhaust gases from nitrogen oxides. *Vestnik Belgorodskogo Gosudarstvennogo Tehnologicheskogo Universiteta im. V.G. Shuhova* [Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov], 2015, no. 5, pp. 223–227. (in Russian)
6. Lazarev M.Yu., Makhotkin I.A., Sharafislamov F.Sh. Study of the kinetics of the reaction of reduction of nitrogen oxides with ammonia on various catalysts. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2012, vol. 15, no. 7, pp. 11–14. (in Russian)
7. Moiseev M.M. Research on the kinetics of the process of reduction of nitrogen oxides on nickel-copper catalysts. *Problemy nauki. Himija i himicheskaja tehnologija: materialy Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoi konferencii* [Problems of science. Chemistry and chemical technology: materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference]. Novomoskovsk, RIC NI RCTU, 2021, pp. 15–19. (In Russian).
8. Tkachenko S.N. *Gomogennoe i geterogennoe razlozhenie ozona. Cand. Diss.* [Homogeneous and heterogeneous decomposition of ozone. Cand. Diss.]. Moscow, Lomonosov Moscow State University, 2004. 400 p. (in Russian)
9. Vorobyov A.X. *Diffuzionnye zadachi v himicheskoi kinetike* [Diffusion problems in chemical kinetics]. Moscow, Publishing House of Moscow University, 2003. 98 p.
10. Mukhlenov I.P., Dobkina E.I., Deryuzhkina V.I., Soroko V.E. *Tehnologija katalizatorov. Izdanie 3 pereperabotannoe* [Catalyst technology. Edition 3 revised]. Leningrad, Chemistry, 1989. 272 p.

Об авторе:

**БАЛАНДИНА Ольга Александровна**

старший преподаватель кафедры  
теплогазоснабжения и вентиляции  
Самарский государственный технический университет  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: balandinaolya88@rambler.ru

**BALANDINA Olga Al.**

Senior lecturer of the Heat and Gas Supply and  
Ventilation Chair  
Samara State Technical University  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244  
E-mail: balandinaolya88@rambler.ru

Для цитирования: *Баландина О.А.* Определение конструктивных особенностей устройства для нейтрализации токсичных компонентов дымовых газов // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 64–68. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.08.

For citation: *Balandina O.A.* Determination of the design features of the device for neutralizing toxic components of flue gases. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 64–68. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.08.

### ПОДПИСКА–2024

на январь–декабрь

в «каталоге «Газеты и журналы – 2024»  
и на сайте «ООО Урал-Пресс Округ»  
<http://www.ural-press.ru/>

Уважаемые читатели!

Обратите внимание, что с 1 сентября 2023 г.  
проводится подписная кампания на журналы  
Самарского государственного технического университета  
на 2024 год

**18106 Вестник Самарского государственного технического университета.**  
Серия «Технические науки»

**18108 Вестник Самарского государственного технического университета.**  
Серия «Физико-математические науки»

**70570 Градостроительство и архитектура**

**18107 Вестник Самарского государственного технического университета.**  
Серия «Психолого-педагогические науки»

**41340 Вестник Самарского государственного технического университета.**  
Серия «Философия»

Условия оформления подписки можно найти  
на сайте <http://www.ural-press.ru/>

Ю. М. ГАЛИЦКОВА

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

RESEARCH OF QUALITATIVE PROPERTIES OF SOILS DURING CONSTRUCTION WORKS

*Развитие человечества ведет к увеличению числа и разнообразия источников загрязнения окружающей среды. В городских условиях загрязнение окружающей среды происходит из-за выбросов выхлопных газов, поступающих от автомобильного транспорта, утечек горючесмазочных материалов, поступающих от различного оборудования. Анализ текущего состояния почв городских районов показывает, что в почвах присутствует очень высокая концентрация загрязняющих веществ. В статье рассматривается проблема территорий строительных площадок, загрязненных горючими веществами, поступающими от строительной техники. На основании проведенных исследований процесса проникновения загрязнений в грунт сделаны выводы о допустимом временном промежутке устранения загрязнений. Эти данные также можно использовать для устранения утечек на нефтепроводах.*

**Ключевые слова:** строительные площадки, загрязнение грунта, проникновение жидкости, ликвидация загрязнений, нефтепродукты, фильтрация жидкости, строительные механизмы, минимизация воздействия

Строительные работы оказывают негативное воздействие на природные комплексы. В районах строительства можно наблюдать высокий уровень загрязнения воздуха, почвы, воды. Это происходит на всех этапах строительства [1–5]: во время проектно-изыскательских работ, при строительстве временных подъездных и прилегающих дорог, при устройстве карьеров под фундамент, а также непосредственно в процессе возведения зданий и сооружений на строительной площадке. Каждый этап строительства характеризуется своими собственными источниками негативного воздействия и характерными загрязнителями. Основная масса образующихся строительных отходов, как правило, представлена боем бетонных изделий, кирпича, металлическими отходами, древесными отходами, пластиком, стеклом, бумагой, картоном; кроме того, на строительных площадках встречаются отходы сыпучих строительных материалов. Процентное содержание отходов зависит от типов сносимых зданий и сооружений, а также от типа строительного

*The development of mankind leads to an increase in the number and diversity of sources of environmental pollution. In urban conditions, environmental pollution occurs due to exhaust emissions coming from various cars, leaks of fuel and lubricants coming from various equipment, etc. Analysis of the current state of urban areas shows that the highest concentration of pollutants is present in soils. The article deals with the problem of the territories of construction sites contaminated with combustible substances coming from construction equipment. Based on the conducted studies of the process of penetration of contaminants in the soil, conclusions are drawn about the permissible time interval for the elimination of contaminants. This data can also be used to eliminate leaks in oil pipelines.*

**Keywords:** construction sites, soil contamination, liquid penetration, pollution elimination, petroleum products, liquid filtration, construction mechanisms, minimization of impact

материала, используемого при строительстве новых зданий. По окончании работ на строительных площадках проводят работы по благоустройству: обустраивают дворовые дороги, автостоянки, детские площадки, зоны отдыха и т. д. Мельчайшие частицы строительного мусора, скапливающиеся на поверхности земли, загрязняют ее. Кроме того, при выполнении любой из вышеперечисленных работ наиболее подверженными воздействию строительных механизмов и материалов компонентами окружающей среды являются грунты, поскольку они наиболее инертны и обладают низкой скоростью процесса самоочищения [6–8].

При проведении строительных работ под действием силы тяжести со стороны строительных механизмов и складированных материалов верхний слой почвы уплотняется, изменяется его пористость и уровень влажности, почва может потерять способность поглощать и удерживать влагу, снижается ее водопроницаемость. Помимо изменения физических свойств почвы, в процессе выполнения различных работ про-

исходит загрязнение почвы из-за попадания сыпучих материалов на поверхность, а также разливов топлива и жидких строительных материалов, тем самым вызывая изменения химических параметров верхнего слоя почвы [9, 10]. Со временем загрязняющие вещества, попадающие на поверхность, проникают в почву под влиянием дождевой и талой воды. Именно поэтому нередко почва строительных площадок загрязнена тяжелыми металлами и различными нефтепродуктами [11–13]. При длительных периодах загрязнения почвы и достижении высоких концентраций нефтепродуктов в ней происходят необратимые изменения, которые в дальнейшем влияют на биоразнообразие местности и жизнедеятельность почвенных организмов [14–15]. Толщина почвы, в которой происходят такие изменения, зависит от типа почвы, гранулометрического состава исходной почвы, а также слоя выпавших осадков, глубины проникновения осадков и количества нефтепродуктов, попавших на поверхность почвы.

Воздействие загрязнений на растительность и животный мир неоднозначно. Небольшие количества загрязняющих веществ при попадании в почву могут не вызывать никаких неблагоприятных последствий. Однако при значительных объемах загрязнения в течение первых нескольких дней гибнет большинство почвенных организмов и некоторых видов растительности, для которых легкие фракции нефти считаются наиболее токсичными.

По окончании строительных работ на прилегающих территориях проводится благоустройство территории: обустраиваются детские площадки, цветочные клумбы, создаются зоны отдыха. При проведении данных работ также необходимо учитывать возможность загрязнения почвы нефтепродуктами. Поскольку процессы восстановления почвы на загрязненных территориях протекают медленно, попадание нефтепродуктов в почву приводит к изменению фотосинтетических функций высших растений на прилегающих территориях и замедляет прорастание или выживаемость однолетних и многолетних растений [16]. Даже низкие концентрации нефтепродуктов в почвах приводят к угнетению растений. Попадание 1,1 л/м<sup>2</sup> масла может привести даже к их гибели. На восстановление столь сильно загрязненной почвы может потребоваться до 20 лет.

Многие исследователи изучают процесс проникновения нефтепродуктов в почву и степень его влияния на растительность [17–21]. Как правило, это аналитические прогнозы процесса, включающего проникновение веществ в почву, распространение загрязняющих веществ в почву, анализ динамических характе-

ристик таких распространений, а также определение количества загрязняющих веществ на разных глубинах. В работах [21–23] отмечается, что степень влияния загрязнения на растительность зависит от количественных показателей загрязняющих веществ в почве.

Целью данной работы является проведение полевых исследований процесса проникновения нефтепродуктов в почву на физической модели. В ходе экспериментов исследуется только просачивание загрязняющих веществ в почву под действием силы тяжести, при этом исключается боковое распространение нефтепродуктов.

Результаты любого исследования, связанного с почвами, зависят от правильного отбора проб и предварительной обработки. Поэтому на подготовительном этапе исследований были взяты пробы почвы на территории города с целью определения типичного гранулометрического состава почв территории. Места отбора проб были обозначены на координатной сетке с указанием их номеров и координат. Точки отбора проб в местах отбора были расположены на равном расстоянии друг от друга (рис. 1). Результаты исследования показали, что наиболее распространенный гранулометрический состав почвы в городской местности близок к гранулометрическому составу речного песка. В соответствии с теорией подобия песок может быть использован для дальнейших лабораторных исследований.

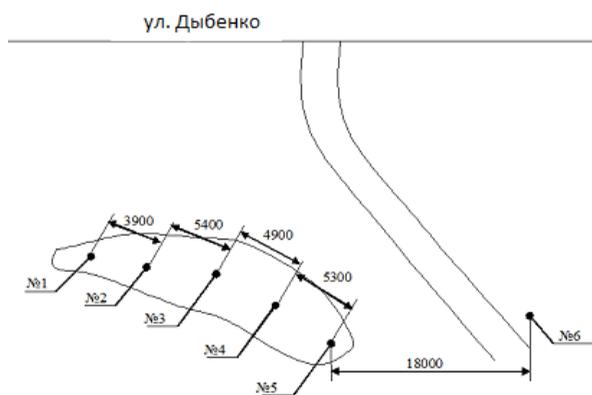


Рис. 1. Схема отбора проб почвы на участке № 1

Далее в исследованиях использовался наиболее характерный для местности грунт с диаметром частиц в диапазоне  $d = 0,630-0,315$  мм и  $d = 0,315-0,140$  мм, а также песок, состоящий из смеси вышеупомянутых фракций в равных частях. Коэффициент фильтрации был определен для каждого из трех типов использованных лабораторных грунтов:

1) для лабораторного грунта с  $d = 0,630-0,315$  мм коэффициент фильтрации составлял  $4,8 \cdot 10^{-4}$  м/с или  $4,8 \cdot 10^2$  см/с;

2) для лабораторного грунта с  $d = 0,315-0,140$  мм коэффициент фильтрации составлял  $1,7 \cdot 10^{-4}$  м/с или  $1,7 \cdot 10^2$  см/с;

3) для лабораторного грунта с  $d = 0,630-0,140$  мм коэффициент фильтрации составлял  $1,1 \cdot 10^{-4}$  м/с или  $1,1 \cdot 10^2$  см/с.

В качестве лабораторных жидкостей были выбраны наиболее распространенные нефте-содержащие жидкости, используемые при эксплуатации строительной техники на строительной площадке: бензин, керосин, дизельное топливо. В лаборатории была изготовлена физическая модель, которая позволяет фиксировать глубину проникновения жидкости в толщу грунта. Модель состоит из нескольких одинаковых пластиковых труб диаметром 8 см и длиной 25 см – глубина проникновения для основной массы корневой системы однолетних декоративных растений [22, 23].

Для проведения лабораторных экспериментов использовались одинаковые емкости, которые наполнялись песком определенного гранулометрического состава. Во время заполнения емкости осуществлялось непрерывное уплотнение.

Затем с помощью мерного стакана был измерен необходимый объем исследуемой жидкости и вылит на поверхность песка. В эксперименте использовались жидкости объемами 50, 100 и 150 мл. Через одинаковые промежутки времени проводились замеры глубины проникновения жидкости в грунт. Время проникновения нефти в песок фиксировалось секундометром. Глубина проникновения была измерена после 1, 3, 5, 10, 15, 30 мин, затем после 1, 2, 3, 6, 12, 18, 21 ч и один день после момента заражения. Результаты вносились в таблицы (примеры некоторых данных представлены в табл. 1–3).

Некоторые результаты исследований представлены в виде графиков, отражающих зависимость глубины проникновения загрязняющей жидкости от времени проникновения (рис. 2–4).

Результаты исследований показали неравномерность, с которой происходило проникновение загрязняющих жидкостей в почву с течением времени. Наибольшая скорость проникновения наблюдается в первый час после попадания загрязнения на поверхность почвы. При попадании на поверхность наименьших исследованных объемов загрязнения (50 мл) почва загрязняется на глубину от 10 до 12 см в течение одного часа. При попадании в почву большего количества жидкости (100 мл) наблюдается следующее: дизельное топливо проникает в почву на 10–13 см за час, керосин проникает в почву на глубину 12–14 см, а бензин проникает на глубину 12–15 см. Результаты экспериментов с объемами 150 мл показали, что керосин и бензин достигают глубины проникновения 21–23 см через

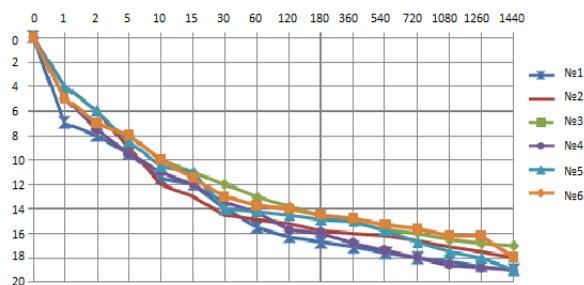


Рис. 2. Результаты серии экспериментов по проникновению керосина (объем 100 мл). По вертикали – глубина проникновения (см), по горизонтали – время наблюдения (мин)

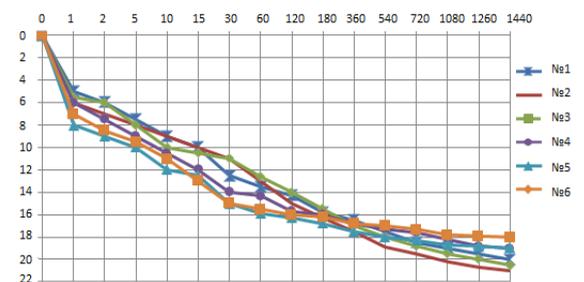


Рис. 3. Результаты серии экспериментов по проникновению бензина (объем 100 мл). По вертикали – глубина проникновения (см), по горизонтали – время наблюдения (мин)

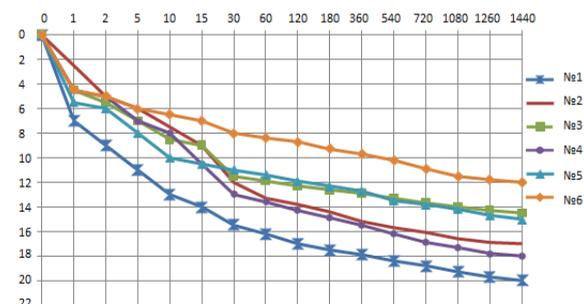


Рис. 4. Результаты серии экспериментов по проникновению дизельного топлива (объем 100 мл). По вертикали – глубина проникновения (см), по горизонтали – время наблюдения (мин)

30 мин. Затем происходит значительное замедление скорости проникновения, и зафиксированная за день максимальная глубина проникновения составляет 34–35 см. Следует отметить, что проникновение жидкости продолжалось в течение нескольких часов после того, как вся жидкость над поверхностью проникла в землю. Кроме того, большее количество загрязняющей жидкости (до 80 %) концентрируется в почве на глубине 15–20 см из-за вязкости жидкости и замедления скорости проникновения.

Таблица 1

Результаты испытаний на проникновение бензина (объем 50 мл)

| № п/п | Глубина проникновения, см |             |             |              |              |              |            |
|-------|---------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|
|       | через 1 мин               | через 2 мин | через 5 мин | через 10 мин | через 15 мин | через 30 мин | через 24 ч |
| 1     | 4                         | 6           | 8           | 10,5         | 11           | 12,5         | 15,5       |
| 2     | 4,5                       | 7           | 8,5         | 10           | 11,5         | 13           | 17         |
| 3     | 5                         | 7,5         | 9           | 11           | 12           | 14           | 17         |
| 4     | 4                         | 6           | 7,5         | 9,5          | 11           | 12           | 16         |
| 5     | 4                         | 6,5         | 8           | 10           | 11,5         | 13           | 16,5       |
| 6     | 5                         | 7           | 9           | 11,5         | 13           | 15           | 18         |

Таблица 2

Результаты испытаний на проникновение бензина (объем 100 мл)

| № п/п | Глубина проникновения, см |             |             |             |              |              |            |
|-------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|
|       | через 1 мин               | через 2 мин | через 5 мин | через 0 мин | через 15 мин | через 30 мин | через 24 ч |
| 1     | 5                         | 6           | 7,5         | 9           | 10           | 12,5         | 20         |
| 2     | 6                         | 7           | 8           | 9           | 10           | 11           | 21         |
| 3     | 5,5                       | 6           | 8           | 10          | 10,5         | 11           | 20,5       |
| 4     | 6                         | 7,5         | 9           | 10,5        | 12           | 14           | 19         |
| 5     | 8                         | 9           | 10          | 12          | 12,5         | 15           | 19         |
| 6     | 7                         | 8,5         | 9,5         | 11          | 13           | 15           | 18         |

Таблица 3

Результаты испытаний на проникновение бензина (объем 150 мл)

| № п/п | Глубина проникновения, см |             |             |              |              |              |            |
|-------|---------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|
|       | через 1 мин               | через 2 мин | через 5 мин | через 10 мин | через 15 мин | через 30 мин | через 24 ч |
| 1     | 6                         | 10          | 15          | 21           | 22           | 22           | 22         |
| 2     | 6                         | 9           | 13          | 21           | 21,5         | 21,5         | 22         |
| 3     | 6                         | 9,5         | 14          | 21           | 21           | 22           | 22         |
| 4     | 6                         | 10          | 13          | 21           | 21,5         | 22           | 22         |
| 5     | 6                         | 12          | 13          | 21           | 22           | 22,5         | 22,5       |
| 6     | 6                         | 9,5         | 12          | 20,5         | 21           | 21,5         | 22         |

Графики показывают, что чем выше начальная высота слоя жидкости над землей, тем интенсивнее начальный процесс проникновения жидкости. Кроме того, наблюдается зависимость вязкости жидкости и интенсивности проникновения. Вязкость керосина и дизельного топлива ниже, чем у бензина, а плотность

выше [24]; поэтому графики показывают, что бензин проникает на большую глубину и процесс проникновения бензина происходит более интенсивно.

Почвы городских районов, включая строительные площадки, загрязнены различными твердыми и жидкими веществами. Среди за-

грязняющих веществ есть нефтепродукты, которые приводят к возникновению процессов деградации в почвах и плодородных слоях почвы, загрязняют подземные воды и водоемы городских районов. Загрязнение почвы на строительной площадке может происходить неоднократно, что усиливает негативное воздействие на почву. В каждом типе почвы проникновение различных жидкостей происходит по-разному. Для получения более точных результатов был определен наиболее характерный тип почв для территории города Самары, который и был использован при проведении опытов.

Для определения степени одноразового загрязнения были проведены исследования проникновения различных нефтесодержащих жидкостей. Бензин и керосин показали самое быстрое проникновение маслянистых веществ в почву, что можно объяснить меньшей плотностью жидкости и наименьшей вязкостью этих жидкостей. Проникновение более плотных жидкостей (дизельного топлива) протекает более инертно, но, в то же время, показывает наибольшую глубину проникновения. Кроме того, исследования показали, что наибольшая скорость проникновения происходит в первые часы попадания загрязнений на поверхность почвы. Во время строительных работ необходимо немедленно ликвидировать разлив нефтепродуктов, чтобы минимизировать глубину загрязнения. Такая практика характерна для утечек на нефтепроводах. На территории строительных площадок попадание нефтепродуктов в больших количествах встречается крайне редко, поэтому происходит длительное и многократное неконтролируемое загрязнение почвы строительных площадок небольшими объемами нефтяных жидкостей.

Заключительным этапом выполнения строительных работ на городских территориях является планировка территории и ее благоустройство. Чтобы свести к минимуму негативное воздействие загрязнения, необходимо своевременно проводить дополнительные работы по озеленению. В качестве таких мер можно предложить удаление загрязненного грунта с территории строительных площадок с учетом глубины возможного проникновения использованных жидкостей.

Предположительно к моменту начала выполнения таких работ по благоустройству почва может быть загрязнена на глубину 25 см и ниже. Следовательно, в местах, где планируется декоративная посадка, необходимо удалить не менее 15 см загрязненной почвы, чтобы предотвратить гибель растений. Как отмечается в ряде источников [16–18], при проведении работ по благоустройству территории после завершения

строительных работ необходимо осуществить планировку территории, обустройство тротуаров и внутренних дорог, парковочных мест на участках наибольшей возвышенности во время строительства и выделение участков под детские площадки на территории с минимальным загрязнением нефтепродуктами.

**Вывод.** 1. Почвы городских территорий загрязняются различными твердыми и жидкими веществами, в том числе нефтесодержащими продуктами. Результаты проведенных исследований показали, что такие загрязнения со временем проникают в грунт и глубина их проникновения может достигать 25 см и более.

2. Для предотвращения загрязненности грунта, а в дальнейшем и грунтовых вод необходимо своевременно удалять загрязнения после проведения строительных работ и выполнять мероприятия по благоустройству придомовых территорий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кожевникова Е.О. Проблема пылевого загрязнения городских территорий при проведении земляных работ и пути ее решения // *Аллея науки*. 2017. № 14. С. 676–688.
2. Сумеркин Ю.А. Обзор научно-исследовательских изысканий в вопросах экологической безопасности городской среды населенных пунктов России // *Строительство: наука и образование*. 2017. Т.7. № 1(22). С. 3. DOI: 10.22227/2305-5502.2017.1.3.
3. Говердовская Л.Г., Юшанцев А.К. Исследование процессов влияния дорожно-строительных работ на окружающую среду // *Градостроительство и архитектура*. 2015. № 1 (18). С. 72–80. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.01.12.
4. Islam M.S., Ahmed M.K., Al-Mamun M.H., Eaton D.W. Human and ecological risks of metals in soils under different land-use types in an urban environment of Bangladesh // *Pedosphere*. 2020. № 30 (2). С. 201–213.
5. Цховребов Э.С. Моделирование экологического баланса объекта строительства и сноса зданий // *Строительство: наука и образование*. 2017. Т.7. № 3(24). С. 7. DOI: 10.22227/2305-5502.2017.3.6.
6. Родионовская И.С., Трофимова Т.Е., Сорокоумова Т.В. Детский отдых в городской среде // *Научный обзор*. 2016. № 11. С. 112–116.
7. Xia W., Du Y., Li F., Wang F., Song D. In-situ solidification/stabilization of heavy metals contaminated site soil using a dry jet mixing method and new hydroxyapatite based binder // *Journal of Hazardous Materials*. 2019. N. 369. P. 353–361.
8. Liu W., Liu S., Li X., Li Y., Mou Z. Comparison of Chinese and Danish Soil Legislation Based on Soil Heavy Metal Values in Contaminated Sites: A Case Study in Sichuan Soil and Sediment Contamination // *Soil and Sediment Contamination*. 2020. N. 29 (3). P. 355–368. DOI: 10.1080/15320383.2020.1723488

9. Gainer A., Bresee K., Hogan N., Siciliano S.D. Advancing soil ecological risk assessments for petroleum hydrocarbon contaminated soils in Canada: Persistence, organic carbon normalization and relevance of species assemblages // *Science of the Total Environment*. 2019. N. 668. P. 400–410. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.02.459

10. Al-Obaidy N., Al-Shueli A., Sattar H., Majeed Z.N., Hamid A.H. An Experimental Study on Geotechnical and Electrical Properties of an Oil-Contaminated Soil at Thi-Qar Governorate // *International Review of Civil Engineering*. 2019. N. 10 (3). P. 148–154. DOI:10.15866/irece.v10i3.16503

11. Весникова А.В. Исследование почвы, загрязненной остатками химии нефтепродуктов // *Экология. Урбанизм*. 2018. № 1. С. 337–341.

12. Oluremi J.R., Adedokun S.I. Valorization of spent engine oil contaminated lateritic soil with high calcium waste wood ash // *Journal of Engineering Research*. 2019. № 7 (1).

13. Hewayde E., Abbas M., Kubba Z. Influence of engine oil on geotechnical properties of cohesive soil // *Engineering Research and Technology*. 2019. N. 12 (1). P. 33–41.

14. Krüger A.L., Snyman R., Odendaal J. The impact of urban pollution on metal contamination of selected forest pockets in Cape Town // *Environmental Science and Pollution Research*. DOI: 10.1007/s11356-019-04679-0

15. Tabein C.B., Igarashi T., Villacorte-Tabelin M., Ito M., Hiroyoshi N. Arsenic, selenium, boron, lead, cadmium, copper, and zinc in naturally contaminated rocks: A review of their sources, modes of enrichment, mechanisms of release, and mitigation strategies // *Science of the Total Environment*. 2018. N. 645. P. 1522–1553. DOI:10.1016/j.scitotenv.2018.07.103

16. Назаров А.В. Влияние нефтяного загрязнения почвы на растения // *Вестник Пермского университета*. 2007. № 5 (10). С. 134–141. DOI:10.17816/ecogen15460-68.

17. Франчук Г.М., Николаенко М.М. Прогноз загрязнения почв и подземных вод нефтепродуктами на 2007 год // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2007. № 1. С. 78–81.

18. Голованов А.И., Сычев С.М. Моделирование поглощения нефтепродуктов в почвах для обоснования способов их очистки от загрязнений // *Мелиорация и управление водными ресурсами*. 2008. № 6. С. 31–33.

19. Панкратова К.Г., Щелков В.И., Сазонов Ю.Г. Определение содержания гумуса при загрязнении почвы нефтепродуктами // *Плодородие*. 2007. № 4 (37). С. 20–21.

20. Макаров О.А., Кантазаров Е.Р. Опыт оценки устойчивости городских почв к загрязнению и деградации // *Экология городских территорий*. 2016. № 4. С. 33–39.

21. Роева Н.Н., Воронич С.С., Хловаев А.Г., Зайцев Д.А., Воронич Н.С. Исследование динамики накопления подвижных форм тяжелых металлов, бензо(а)пирена и нефтепродуктов в почвах урбанизированных территорий // *Экология и промышленность России*. 2018. № 22 (8). С. 39–43. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-8-39-43.

22. Хромовых О.В. Влияние загрязнения почвы кобальтом и марганцем на темпы роста некоторых видов цветущих декоративных растений // *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона*. 2011. № 1. С. 275–290.

23. Петухова Л.В., Степанова Е. Н. К вопросу об интенсивности развития корневых систем цветочно-декоративных растений // *Вестник Тверского государственного университета. Серия: биология и экология*. 2018. № 1. С. 131–137.

24. Куц Ю.Н., Корольченко И.А., Векслер Г.Б. Оценка условий проникновения нефтепродуктов в грунт при коррозионном повреждении оболочки резервуаров // *Известия МГТУ МАМИ*. 2012. № 2 (14). С. 209–219.

## REFERENCES

1. Kozhevnikova E.O. The problem of dust pollution of urban areas during earthworks and ways to solve it. *Alleja nauki* [Alley of Science], 2017, no. 14, pp. 676–688. (in Russian)

2. Sumerkin Yu.A. Review of research studies in the environmental safety of the urban environment of Russian settlements. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Building: Science and Education], 2017, vol. 7, no. 1(22), pp. 3. (in Russian) DOI: 10.22227/2305-5502.2017.1.3

3. Goverdovskaya L.G., Yushantsev A.K. Study of the processes of influence of road construction work on the environment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2015, no. 1(18), pp. 72–80. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2015.01.12

4. Islam M.S., Ahmed M.K., Al-Mamun M.H., Eaton D.W. Human and ecological risks of metals in soils under different land-use types in an urban environment of Bangladesh. *Pedosphere*. 2020. N. 30 (2). P. 201–213.

5. Tskhovrebov E.S. Modeling of the ecological balance of the construction facility and demolition of buildings. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Building: Science and Education], 2017, vol. 7, no. 3(24), pp. 7. (in Russian) DOI: 10.22227/2305-5502.2017.3.6

6. Rodionovskaya I.S., Trofimova TE, Sorokoumova T.V. Children's rest in the urban environment. *Nauchnyj obzor* [Scientific review], 2016, no. 11, pp. 112–116. (in Russian)

7. Xia W., Du Y., Li F., Wang F., Song D. In-situ solidification/stabilization of heavy metals contaminated site soil using a dry jet mixing method and new hydroxyapatite based binder // *Journal of Hazardous Materials*. 2019. N. 369. P. 353–361.

8. Liu W., Liu S., Li X., Li Y., Mou Z. Comparison of Chinese and Danish Soil Legislation Based on Soil Heavy Metal Values in Contaminated Sites: A Case Study in Sichuan Soil and Sediment Contamination // *Soil and Sediment Contamination*. 2020. N. 29 (3). P. 355–368. DOI:10.1080/15320383.2020.1723488

9. Gainer A., Bresee K., Hogan N., Siciliano S.D. Advancing soil ecological risk assessments for petroleum hydrocarbon contaminated soils in Canada: Persistence, organic carbon normalization and relevance of species assemblages // *Science of the Total Environment*. 2019. N. 668. P. 400–410. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.02.459

10. Al-Obaidy N., Al-Shueli A., Sattar H., Majeed Z.N., Hamid A.H. An Experimental Study on Geotechnical and Electrical Properties of an Oil-Contaminated Soil at Thi-Qar Governorate //

EuInternational Review of Civil Engineering. 2019. N. 10 (3). P. 148–154. DOI:10.15866/irece.v10i3.16503

11. Vesnikova A.V. Study of soil contaminated with petroleum product chemistry residues. *Jekologija. Urbanizm* [Ecology. Urbanism], 2018, no. 1, pp. 337–341. (in Russian)

12. Oluremi J.R., Adedokun S.I. Valorization of spent engine oil contaminated lateritic soil with high calcium waste wood ash // *Journal of Engineering Research*. 2019. N. 7 (1).

13. Hewayde E., Abbas M., Kubba Z. Influence of engine oil on geotechnical properties of cohesive soil // *Engineering Research and Technology*. 2019. N. 12(1). P. 33–41.

14. Krüger A.L., Snyman R., Odendaal J. The impact of urban pollution on metal contamination of selected forest pockets in Cape Town // *Environmental Science and Pollution Research*. DOI: 10.1007/s11356-019-04679-0

15. Tabelin C.B., Igarashi T., Villacorte-Tabelin M., Ito M., Hiroyoshi N. Arsenic, selenium, boron, lead, cadmium, copper, and zinc in naturally contaminated rocks: A review of their sources, modes of enrichment, mechanisms of release, and mitigation strategies // *Science of the Total Environment*. 2018. N. 645. P. 1522–1553. DOI:10.1016/j.scitotenv.2018.07.103

16. Nazarov A.V. Impact of oil soil pollution on plants. *Vestnik Permskogo universiteta* [Bulletin of Perm University], 2007, no. 5(10), pp. 134–141. (in Russian) DOI:10.17816/ecogen15460-68

17. Franchuk G.M., Nikolaenko M.M. Forecast of soil and groundwater pollution with petroleum products for 2007. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova* [Bulletin of V.G. Shukhova BSTU], 2007, no. 1, pp. 78–81. (in Russian)

18. Golovanov A.I., Sychev S.M. Modeling the Absorption of Petroleum Products in Soils to Justify Ways to Clean Them from Pollution. *Melioracija i upravljenie vodnymi resursami* [Reclamation and Water Management], 2008, no. 6, pp. 31–33. (in Russian)

19. Pankratova K.G., Shchelkov V.I., Sazonov Yu.G. Determination of humus content in case of soil contamination with petroleum products. *Plodorodie* [Fertility], 2007, no. 4(37), pp. 20–21. (in Russian)

20. Makarov O.A., Kanzafarov E.R. Experience in assessing the resistance of urban soils to pollution and degradation. *Jekologii gorodskih territorij* [Ecology of urban areas], 2016, no. 4, pp. 33–39. (in Russian)

21. Roeva N.N., Voronich S.S., Khlovaev A.G., Zaitsev D.A., Voronich N.S. Study of the dynamics of accumulation of mobile forms of heavy metals, benzo (a) pyrene and petroleum products in the soils of urbanized territories. *Jekologija i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2018, no. 22(8), pp. 39–43. (in Russian) DOI: 10.18412/1816-0395-2018-8-39-43

22. Chromov O.V. Influence of soil pollution with cobalt and manganese on growth rates of some species of flowering ornamental plants. *Problemy jekologii i ohrany prirody tehnogennogo regiona* [Problems of ecology and nature protection of the technogenic region], 2011, no. 1, pp. 275–290. (in Russian)

23. Petukhova L.V., Stepanov E.N. On the issue of the intensity of development of root systems of flower-ornamental plants. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: biologija i jekologija* [Bulletin of Tver State University. Series: Biology and Ecology], 2018, no. 1, pp. 131–137. (in Russian)

24. Kutz Y.N., Korolchenko I.A., Wexler G.B. Assessment of the Conditions for Penetration of Petroleum Products into the Soil in the Event of Corrosion Damage to the Tank Shell. *Izvestija MGTU MAMI* [Izvestia MSTU MAMI], 2012, no. 2(14), pp. 209–219. (in Russian)

Об авторе:

#### ГАЛИЦКОВА Юлия Михайловна

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры природоохранного  
и гидротехнического строительства  
Самарский государственный технический университет  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

#### GALICKOVA Uliya M.

PhD in of Engineering Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Nature Protection and  
Hydrotechnical Construction Chair  
Samara State Technical University  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya, 244

Для цитирования: Галицкова Ю.М. Исследование качественных свойств грунтов при проведении строительных работ // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 69–75. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.09.

For citation: Galickova U.M. Research of qualitative properties of soils during construction works. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 69–75. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.09.

Т. А. САУЛОВА  
В. И. БАС

## ЭСТЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ИНТЕГРАЦИИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СНЕГОНАКОПЛЕНИЯ НА КРОВЛЯХ ЗДАНИЙ В СОВРЕМЕННЫЙ УРБАНИСТИЧЕСКИЙ ПЕЙЗАЖ

AESTHETIC ASPECT OF INTEGRATION OF DEVICES FOR PREVENTION OF SNOW  
ACCUMULATION ON ROOFS OF BUILDINGS INTO MODERN URBAN LANDSCAPE

В контексте динамики урбанистических процессов затронута проблема требований времени – необходимости создания инженерных проектов, обеспечивающих устойчивое развитие городов, сохраняющих актуальность, мобильность на длительную перспективу, сочетающих инновации и эстетику. Освещены урбанистические принципы разработки и проектирования устройства для предупреждения снегонакопления на кровлях зданий. В рамках принципа сочетания эстетики и функциональности раскрыты особенности конструкции специально разработанного универсального козырька, обеспечивающего не только защиту аэродинамической трассы устройства, но и позволяющего сохранять эстетику здания, а также органично вписывать устаревшие, не имеющие исторической ценности, здания в урбанистический пейзаж.

**Ключевые слова:** урбанистический пейзаж, сочетание эстетики и функциональности, устройство для очистки снега, универсальный защитный козырёк

**Актуальность проекта.** Современный мир стремительно меняется. По прогностическим данным, изложенным в Докладе ООН «О состоянии городов мира-2022», к 2030 году две трети мирового населения будут жить в городах [1]. Темпы и тенденции развития городов не позволяют игнорировать связанные с этим процессом проблемы: рост численности населения, увеличение транспортных потоков, несоответствие структуры мегаполисов потребностям горожан, увеличение техноферных и природных рисков. Стремительные процессы трансформации архитектурного образа растущих городов неизбежно предъявляют новые требования к инженерной деятельности. Динамика урбанистических процессов должна стимулировать мобильность мышления современного инженера и архитектора, применение нестандартных решений, сочетающих научные, художественные и бытовые аспекты, эрудицию в различных областях знаний: архитектуры, строительства, истории, ди-

*In the context of the dynamics of urban processes, the problem of time requirements - the need to create engineering projects that ensure sustainable urban development, remain relevant and mobile for the long term, combining innovation and aesthetics - is touched upon. As an example, the urbanistic principles of development and design of a device for preventing snow accumulation on the roofs of buildings are highlighted. Within the framework of the principle of combining aesthetics and functionality, the design features of a specially designed universal canopy are revealed, which provides not only protection of the aerodynamic route of the device, but also allows to preserve the aesthetics of the building, and even – to organically fit outdated buildings that have no historical value into the urban landscape.*

**Keywords:** urban landscape, combination of aesthetics and functionality, snow clearing device, universal protective canopy

зайна, эргономики, кибернетики, инженерной психологии и безопасности.

Сегодня принципиальной особенностью инженерной деятельности становится ее творческий характер, учитывающий законы технической эстетики и гармонии при сохранении исторических культурных ценностей и формировании современного облика быстро растущего города с его техносферой и функционально значимыми объектами [2, 3]. При этом проектировщикам и архитекторам необходимо осознавать неизбежно прогрессирующие процессы изменений в городской среде: условий труда и жизни горожан, этических и социальных норм. Без объективной оценки и достоверного прогноза тенденций стремительного развития городов, оценки возможностей модернизации и регенерации фасадов зданий невозможно создавать конкурентоспособные инженерные проекты, сочетающие инновации и эстетику, обеспечивающие устойчивое развитие городов на длительную перспективу [4].

**Роль урбанистического пейзажа в жизни горожан.** Процесс урбанизации наиболее ярко проявляется в формировании урбанистического пейзажа, представляющего совокупность элементов городской среды, создающих визуальное восприятие пространства и уникальную атмосферу каждого города: здания, дороги, мосты, площади, скверы, парки, архитектурные памятники, магазины. Гармонично организованный урбанистический пейзаж является притягательным фоном для общественных пространств, способствующих коммуникации горожан, формированию их культурной идентичности и укреплению духа патриотизма. Заботливо продуманное инженерами, строителями и архитекторами пространство городской среды создаёт благоприятную атмосферу, вселяет уверенность в экологичности и безопасности и формирует ощущение физического и психологического комфорта, обеспечивая достойное качество жизни людей [5, 6].

Одним из значимых принципов прогрессивной теории «разумного урбанизма», взятой за основу для разработки отечественных норм по комплексному развитию территорий, является сочетание эстетического и функционального комфорта, обеспечение безопасности граждан в городской среде [7].

В российских городах ежегодно возникающая проблема накопления и удаления снега на кровлях зданий выступает препятствием для реализации принципа безопасной городской среды, а поиск оптимальных способов её решения всегда на повестке дня. Эти факторы определяют необходимость оперативной и своевременной снегоочистки кровель зданий с целью обеспечения безопасности граждан. На наш взгляд, целесообразно осознать не менее важные факторы влияния стихий на инфраструктуру городов – нарушение принципов сочетания эстетического и функционального комфорта. Функциональный аспект проблемы связан с тем, что скопление льда на крышах домов повышает механическую нагрузку на элементы кровельной конструкции; «забитые» льдом водостоки задерживают сток талой

воды, которая повреждает помещения верхних жилых этажей и элементов фасада зданий. Об опасных последствиях «схода» снега и падения сосулек известно всем. Эстетический аспект проблемы обусловлен устрашающим и неприглядным видом скопившихся огромных масс снега, свисающих сосулек на крышах, несущих угрозу жизни. Такая картина существенно меняет эмоционально-визуальную окраску облика зданий и, наряду с эстетически непродуманной конструкцией неопытных инженерных коммуникаций и рекламных вывесок, уродует архитектурный пейзаж городов в целом.

Сложность устранения этих проблем, в первую очередь, обусловлена особенностью климатических условий расположения территории России. Толщина снега на кровлях, состоящего из множества слоёв разной структуры и веса, может достигать 1,3-1,6 м. При оттепели возникают дополнительные проблемы: увеличение давления, протечки кровельного покрытия, сосульки. Сложно поверить, что мягкий снег способен продавить кровлю, но зная, что 1 м<sup>3</sup> «слежавшегося» снега может весить более 400 кг, понимаешь, что угроза обрушения кровли реальна [8].

Авторами статьи подана заявка на регистрацию прав на интеллектуальную собственность – разработанный в рамках грантового проекта способ очистки кровель от снега и устройства для осуществления способа. Разработанный способ отличается тем, что не требует участия человека в оценке степени снегонакопления и в самой процедуре очистки, предусматривает автоматическую работу устройства: аэродинамической системы путём сдува струями воздуха с кровли снежинок по сигналу датчика снега, поступающему в щит управления электропитанием и автоматикой. Аэродинамическая система включает воздуходувку, установленную в чердачном пространстве, систему воздухопроводов, основную трассу с системой сопел определённой конфигурации, установленную на коньковую часть и(или) рёбра кровли в зависимости от типа кровли. Система укрыта защитным козырьком, общий вид показан на рис. 1.



Рис. 1. Принципиальная конструкция устройства для предупреждения снегонакопления на кровлях зданий: а – без защитного козырька; б – с защитным козырьком (стрелками показано направление воздушных потоков из сопловых распределителей)

**Цель проектирования.** Основной целью проектирования разработчики обозначили полное соответствие устройства современным требованиям урбанистики: безопасность, энергоэкономичность, учёт климатических условий, мобильность, жизнеспособность, унификация, сочетание функциональности и эстетичности и других принципов.

**Методы исследований.** При выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы использовали теоретические методы: абстрагирование, идеализация, формализация, анализ-синтез, индукция-дедукция, аксиоматика, обобщение; эмпирические методы: наблюдение, сравнение, оценка урбанистических качеств; экспериментальные методы: анализ-синтез, индукция-дедукция, моделирование, логический метод. Концептуально отличительный принцип проектирования: технология направлена не на очистку кровли, а на предупреждение снегонакопления, не допуская накопления снега на кровле, своевременный сдув снежинок не требует большой мощности оборудования.

**Результаты проектирования.** В рамках решаемых конструкторских задач проектирования устройства для предупреждения снегонакопления на кровлях зданий реализовали следующие принципы урбанистики:

- *учёт климатических условий.* Оборудование и все элементы устройства выполнены из материалов, отвечающих требованиям эксплуатации в умеренно-холодном климате (категории исполнения УХЛ1 по ГОСТ 15150) при температуре окружающей среды от +40 до -60 °С. Материалы установки обеспечивают должную жесткость (не подвержены деформации и разрушению при внешнем и внутреннем воздействии), выдерживают сезонные порывы ветра до 35 м/с. Для закрепления установки на кровле к несущим конструкциям (к прогонам, обрешетке) предусмотрены крепежные элементы с антикоррозионной защитой в соответствии с требованиями СП 28.13330. В местах пропуска инженерного оборудования (которое должно располагаться в коньковой части кровель) следует предусматривать переходные детали, защитные фартуки из окрашенной кровельной стали и герметичное соединение их с оборудованием;

- *обеспечение безопасности.* Установка соответствует требованиям правил устройства электроустановок (ПУЭ), утвержденным приказом Минэнерго РФ от 8 июля 2002 г. № 204 и требованиям «Правил промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением», утвержденным приказом Ростехнадзора от 15 декабря 2020 г. № 536. Оборудование, размещенное на кровле и чердачном помещении, соответствует своду

правил «Кровли» СП 17.13330.2017 (пп. 4.10, 5.1.6). Металлические и электронные элементы установки и металлические элементы конструкции защищены от наведенного напряжения (заземлены). При монтаже обеспечена герметичность покрытия кровли и не нарушается целостность элементов стропильной системы. Установка не превышает нормируемые уровни шума, установленные для источников постоянного и непостоянного шума границ санитарно-защитных зон, домов отдыха, пассажирских залов, вокзалов, предприятий бытового обслуживания, установленные в санитарных правилах и нормах СанПиН 1.2.3685-21;

- *динамичность и мобильность.* При постановке и реализации задач проектирования конструктивных элементов устройства разработчики продумали перспективу массового применения устройств, предназначенных для предупреждения снегонакопления на кровлях зданий городов. С этой целью учли универсальную возможность использования устройств для всех видов скатных крыш, предусмотрели унификацию стандартных деталей и предложили варианты доступных технологий изготовления уникальных деталей. Мобильность разработанной технологии обусловлена возможностью использования компонентов устройства, идеально подходящих к условиям эксплуатации в суровом климате: материалов, воздушного оборудования, средств индикации осадков и автоматизации, существующих сейчас и изобретенных в перспективе;

- *сочетание эстетики и функциональности.* Функциональность устройства в целом подтверждена результатами испытаний опытного образца, доказывающими эффективность снегоочистки кровли, обеспечение безопасности и экономию затрат. Проект предполагает размещение воздуходувки в чердачном пространстве. Такое решение обеспечивает безопасность эксплуатации электрооборудования, не изменяя общий вид здания.

Конструкция устройства, располагаемого на коньковой части крыши, предусматривает наличие универсального защитного козырька, обеспечивающего укрытие аэродинамической трассы и сопловых воздухораспределителей, направленных под определённым углом относительно угла ската кровли. Универсальность конструкции позволяет использовать козырёк на кровлях с различными угловыми параметрами её скатов. Принцип крепления трассы и универсального защитного козырька к кровле показан на рис. 2.

Разработанная конструкция представляет собой основание, на которое устанавливается аэродинамическая трасса и защитный козырёк. Основание выполнено в виде шарнира, поворотные части которого копируют угол уклона

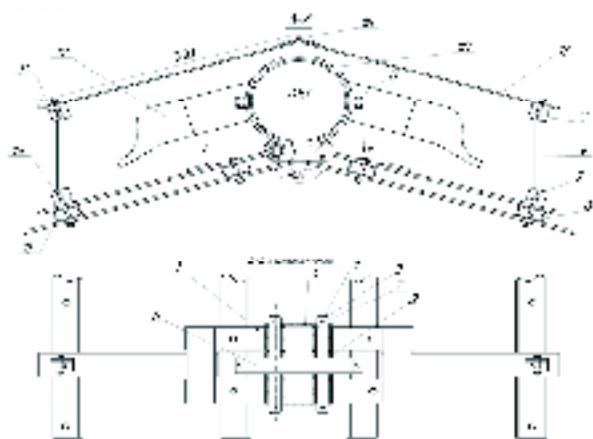


Рис. 2. Схема (разрез) крепления защитного козырька в сборке с аэродинамической трассой для экспериментальной модели кровли с углом  $146^\circ$ : 1 – подвижное основание; 2 – втулка основания хомута; 3 – ось; 4 – связующее звено; 5 – втулка подвижного основания; 6 – основание хомута; 7 – шплинт; 8 – опора подвижного основания; 9 – стойка козырька; 10 – хомут для крепления аэродинамической трассы; 11 – болт крепления крышки хомута; 12 – сопловой воздухораспределитель; 13 – защитный козырёк; 14 – крепление защитного козырька (серьга); 15 – кровля здания; 16 – шарнир

кровли и крепятся к её поверхности. Таким образом, единая система крепления конструкции исключает отдельные крепления для трассы и козырька, обеспечивая минимальное механическое воздействие на кровлю при монтаже.

Защитный козырёк устройства несёт и практическую, и эстетическую функцию. Практически конструкция козырька обеспечивает защиту аэродинамической трассы и сопел от ударных, барических нагрузок при ветровых стихийных явлениях, исключает засорение выходных отверстий сопел и за счёт подобранныго угла наклона способствует созданию турбулентных вихревых потоков, обеспечивающих обслуживание «слепых» зон кровли.

Эстетическая гармония архитектурного силуэта здания с установленным устройством для предупреждения снегонакопления в целом достигается отсутствием мелких торчащих деталей проектируемого устройства – компактностью и аккуратностью формы укрытого козырьком устройства, созданием эффекта «футляра», «упаковки» и законченности вида устройства в плане.

Защитный козырёк изготовлен из того же материала (или из подходящего по фактуре) и в том же цвете, что и кровельное покрытие, и не изменяет общий вид кровли и здания, подходит ко всем типам скатных кровель, включая кровли со сложными участками. Принцип размещения защитного козырька на скатных кровлях разных типов показан на рис. 3.

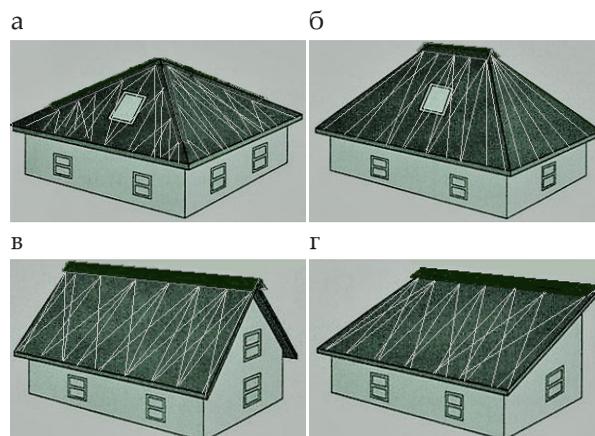


Рис. 3. Общий вид устройств снегоочистки, укрытых защитным козырьком в тон кровле и зоны обслуживания струями скатных кровель некоторых типов: а – шатровая; б – вальмовая; в – двускатная; г – односкатная

### Эстетическая интеграция технических устройств снегоочистки в урбанистический пейзаж.

Рассматривая возможность интеграции разработанного устройства в городской антураж, учли варианты его применения для кровель различной конструкции без нарушения эстетики зданий. Проектируемые устройства для предупреждения накопления снежных осадков на кровлях относятся к инженерным коммуникациям, имеют универсальную конструкцию и могут быть применены на скатных кровлях зданий абсолютно любых типов и архитектурных форм с соблюдением правил гармонии и эстетики. Простота и универсальность конструкции делает устройство подходящим для долговременного использования, вне зависимости от изменений архитектурной стилистики компонентов городского пейзажа в процессе урбанизации. На рис. 4 показаны кровли зданий, которые могут быть оборудованы устройствами для предупреждения снегонакопления с защитными козырьками.

Для варианта старой и новой многоэтажной застройки города в разных стилях, зданий с кровлями сложной формы, ендовами и карманами, наличием большого количества расположенных снаружи элементов коммуникаций необходимы индивидуальные проекты устройств снегоочистки с защитными козырьками. Проекты должны учитывать нестандартность или унифицированность зданий с целью достижения оптимальных технических параметров устройства: мощность оборудования, особенности его расположения, протяжённость и траектория аэродинамических трасс, рациональное расположение и направление сопло-

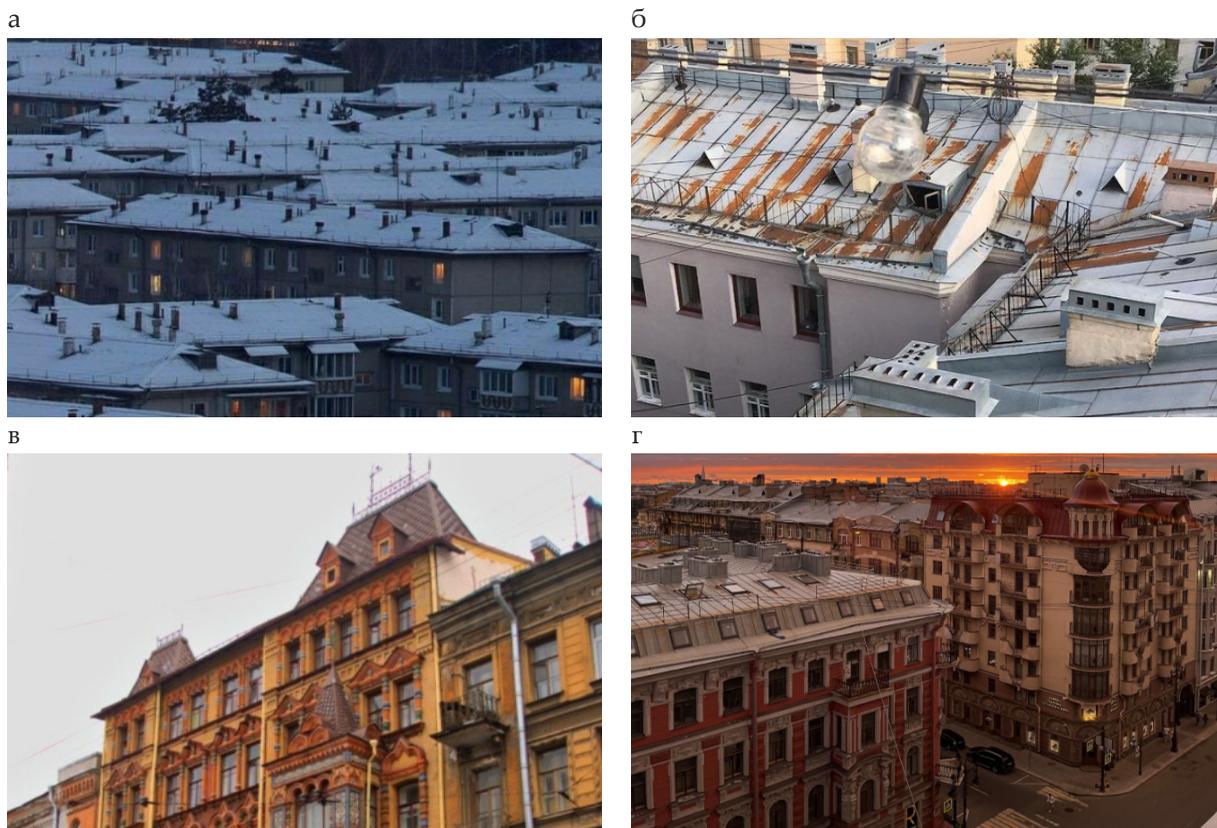


Рис. 4. Примеры зданий с кровлями, которые могут быть оборудованы устройствами для предупреждения снегонакопления: а – типовые панельные здания; б – «сталинки»; в, г – исторические здания

вых воздухораспределителей относительно участков кровли.

Эстетические критерии проектирования заключаются в соблюдении правил сохранения архитектурного стиля и гармонии цветовых решений здания в общей картине городского пейзажа. В России более 60 % жилой застройки составляют здания, возведённые по технологии крупнопанельного домостроения [9]. Являясь главным компонентом архитектурного облика городов, они характеризуются колористической бедностью, архитектурной незамысловатостью и однообразием. Можно предположить, что оборудование системами снегоочистки таких зданий, не отличающихся уникальностью и строгим вниманием к соблюдению правил эстетики, может придать им индивидуальность и более современный урбанистический стиль. Это возможно, например, за счёт использования контрастности цвета защитных козырьков и накладок на фасады, создания ощущения четкости линий с помощью обрамления серых неприметных скучных фасадов и кровель «в рамку». В зависимости от общей цветовой палитры городского пейзажа

лучше использовать контрастные по отношению к цвету зданий, «спокойные», природные краски: «зелёный мох», «марсала», «бистр», оттенки темно-асфальтового, бурого, елово-зелёного, кипенно-белого [10–13].

**Выводы.** Актуальность результатов проектирования устройства, обеспечивающего предупреждение накопления снега на кровле, доказывает продуманность перспектив повсеместного его использования: наличие вариантов интеграции в городской пейзаж в условиях различных архитектурных стилей. Это подтверждает современный подход к конструированию инженерных коммуникаций с использованием основных принципов урбанистики. Таким образом, возможность эстетическо-функциональной интеграции разработки во многом обоснована конструкцией защитного козырька аэродинамической трассы, характеризующейся рядом достоинств:

- обеспечивает надёжность крепления трассы на коньке кровли, которая может подвергаться экстремальным воздействиям стихийных природных воздействий, исключает «парусность» за счёт максимально возможного прилегания к кровле;

- обеспечивает защиту элементов аэродинамической системы от заносов снегом, повреждения градом;
- создаёт условия «завихрений» струйного течения, обеспечивая отсутствие необслуживаемых зон кровли;
- обладает универсальностью: может быть использована для любой кровли скатного типа;
- обеспечивает равномерное распределение нагрузки конструкции по всей поверхности подкозырьковой части кровли (не более 6 кг в расчёте на погонный метр конструкции);
- не изменяет цвет кровли, сохраняет архитектурный стиль зданий;
- способна реализовать идею фактурно-колористической модернизации фасадов и кровель крупнопанельных зданий, органично вписывая их в урбанизированный пейзаж, предполагающий неизбежное смешение архитектурных стилей.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» и Открытого акционерного общества «Российские железные дороги» в рамках реализации научного проекта № 2022101608895 «Разработка и проектирование технологии дистанционного управления очисткой кровель зданий от снега».*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Доклад ООН «О состоянии городов мира-2022» (World Cities Report 2022) [Электронный ресурс]. URL: <https://unhabitat.org/wcr/> (дата обращения: 27.07.2023).
2. Ковалев В.А. Эстетизация техники и проблема гуманизации архитектуры промышленных сооружений. М.: Стройиздат, 1987. С. 61–67.
3. Сухинина Е.А. Анализ критериев международных экологических стандартов, влияющих на архитектуру зданий // Градостроительство и архитектура. 2013. № 2. С. 40–45. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.02.7.
4. Устойчивое развитие: градостроительство, экология, право/ под общ. ред. В.В. Зозули. М.: РУСАЙНС, 2018. 208 с.
5. Иконников А.В. Эстетическое значение структуры города. М.: Стройиздат, 1973. 102 с.
6. Сухинина Е.А. Анализ методов экологической оценки градостроительных проектных решений // Градостроительство и архитектура. 2022. Т.12, № 1. С. 123–132. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.16.
7. DWG формат. Проектирование. В России вводятся новые нормативные документы на комплексное развитие территорий [Электронный ресурс]. URL: <https://dwgformat.ru/2022/04/21/v-rossii-vvodyatsya-novye-normativnye-dokumenty-na-kompleksnoe-razvitiie-territorij/> (дата обращения: 27.07.2023).
8. Войтковский К.Ф. Механические свойства снега. М.: Наука, 1977. 126 с.
9. Ковалёв Д.В. Приемы модернизации фасадов крупнопанельных домов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2(2). С. 875.
10. Жуйков В.Н. Информационная база «Умный город» как перспективный инструмент городского управления // Градостроительство и архитектура. 2022. Т.12, № 1. С. 18–33. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.3.
11. Чернявина Л.А., Обертас О.Г., Петухов В.В. К вопросу защиты фасадов от негативного влияния элементов инженерных коммуникаций (на примере города Владивостока) // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 1. С. 74–80.
12. Ахмедова Е.А., Ислеева С.Я., Ахмедова Л.А. Эстетика архитектуры и дизайна. Самара: Самарский гос. арх. строит. ун-т, 2007. 432 с.
13. Сидорин А.М. Дом как средство самовыражения // Архитектура и строительство России. 2001. № 6. С. 6–7.

## REFERENCES

1. Global\_Cities\_Ranking\_Draft\_REPORT (cited 2022 Feb). Available at: <https://unhabitat.org/wcr/> (accessed 27 July 2023).
2. Kovalev V.A. *Estetizatsiya tekhniki i problema gumanizatsii arkhitektury promyshlennykh sooruzhenii* [Aestheticization of technique and the problem of humanization of architecture of industrial constructions]. Moscow, Stroizdat, 1987. P. 61–67.
3. Sukhinina E.A. Analysis of criteria of international environmental standards affecting building architecture. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2013. no. 2, pp. 40–45. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2013.02.7
4. Zozuli V.V. *Ustoichivoe razvitie: gradostroitel'stvo, ekologiya, pravo* [Sustainable development: urban planning, ecology, law]. Moscow, RUSAINS, 2018. 208 p.
5. Ikonnikov A.V. *Esteticheskoe znachenie struktury goroda* [Aesthetic value of the city structure]. Moscow, Stroizdat, 1973. 102 p.
6. Sukhinina E.A. Analysis of methods of environmental assessment of urban planning design solutions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 123–132. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.16
7. DWG format. In Russia new normative documents for complex development of territories are introduced. Available at: <https://dwgformat.ru/2022/04/21/v-rossii-vvodyatsya-novye-normativnye-dokumenty-na-kompleksnoe-razvitiie-territorij/> (accessed 27 July 2023).
8. Voitkovskii K.F. *Mekhanicheskie svoistva snega* [Mechanical properties of snow]. Moscow, Nauka, 1977. 126 p.
9. Kovalev D.V. Methods of modernization of facades of large-panel houses. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2015, no. 2(2), P. 875 (in Russian)

10. Zhuikov V.N. Information base “Smart City” as a promising tool of urban management. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 18–33. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.3

11. Chernyavina L.A., Obertas O.G., Petukhov V.V. To the issue of facade protection from the negative impact of elements of engineering communications (on the example of the city of Vladivostok). *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern Science-Intensive Technologies], 2017, no. 1, pp. 74–80. (in Russian)

12. Akhmedova E.A., Isleeva S.Ya., Akhmedova L.A. *Estetika arkhitektury i dizaina* [Aesthetics of architecture and design]. Samara, SGASU, 2007. 432 p.

13. Sidorin A.M. House as a means of self-expression. *Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii* [Architecture and Construction of Russia], 2001, no. 6, pp. 6–7. (in Russian)

Об авторах:

**САУЛОВА Татьяна Алексеевна**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры безопасности жизнедеятельности  
Сибирский государственный университет  
науки и технологий  
имени академика М.Ф. Решетнёва  
660037, Россия, г. Красноярск,  
пр. им. газеты Красноярский рабочий, 31,  
пр. Мира, 82  
E-mail: info@sibsau.ru , totalsay@yandex.ru

**SAULOVA Tatyana A.**

PhD of Engineering Science, Associate Professor,  
Associate professor of the Life Safety Chair  
Reshetnev Siberian State University  
of Science and Technology  
660037, Russian Federation, Krasnoyarsk,  
31, Newspaper Krasnoyarsk Worker Av.,  
82, Mira Avenue  
E-mail: info@sibsau.ru , totalsay@yandex.ru

**БАС Виталий Иванович**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры безопасности жизнедеятельности  
Сибирский государственный университет  
науки и технологий  
имени академика М.Ф. Решетнёва  
660037, Россия, г. Красноярск,  
пр. им. газеты Красноярский рабочий, 31,  
пр. Мира, 82  
E-mail: info@sibsau.ru , bas.v.i@yandex.ru

**BAS Vitaly I.**

PhD of Engineering Science, Associate Professor,  
Associate professor of the Life Safety Chair  
Reshetnev Siberian State University  
of Science and Technology  
660037, Russian Federation, Krasnoyarsk,  
31, Newspaper Krasnoyarsk Worker Av.,  
82, Mira Avenue  
E-mail: info@sibsau.ru , bas.v.i@yandex.ru

Для цитирования: Саулова Т.А., Бас В.И. Эстетический аспект интеграции устройств для предупреждения снегонакопления на кровлях зданий в современный урбанистический пейзаж // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 76–82. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.10.

For citation: Saulova T.A., Bas V.I. Aesthetic aspect of integration of devices for prevention of snow accumulation on roofs of buildings into modern urban landscape. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 76–82. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.10.

# АРХИТЕКТУРА

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



УДК 25:627.212+712.2(470.23-25)

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.11

М. А. ГРАНСТРЕМ

### НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ОСВОЕНИЯ ЮЖНОЙ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ ОСТРОВА КОТЛИН

INITIAL DEVELOPMENT OF COTLIN ISLAND SOUTH SHORELINE

*Рассмотрены начальные этапы освоения береговой линии острова Котлин в первой половине XVIII в. Возведение уникальной системы фортификационных и инженерных сооружений, строительство гаваней для военных и торговых судов велось по плану и под руководством Петра I. При непосредственном участии императора в период с 1704 по 1725 гг. были возведены старейшие форты, стенки первой котлинской и четырех существующих ныне гаваней, начато строительство док-канала, был организован Итальянский пруд. В ходе исследований автором были обнаружены архивные материалы, ранее не введенные в научный оборот. Статья публикуется по результатам проведения историко-культурной экспертизы по южной береговой линии острова Котлин, направленной на выявление и сохранение объектов культурного наследия – береговых стенок гаваней, фортификационных и инженерных сооружений.*

*The article considers the initial stages of developing the coastline of Kotlin Island in the first half of the 18th century. The construction of a unique system of fortifications and engineering structures and harbors for military and merchant ships was carried out according to the plan and under the leadership of Peter I. The oldest forts, the walls of the first Kotlin's harbors, the initial docking channel, and the Italian pond were organized with the direct participation of the emperor in the period from 1704 to 1725. In the course of research, the author discovered archival materials that had not previously been introduced into scientific circulation. The article is published based on the results of a historical and cultural expertise along the southern coastline of Kotlin Island, aimed at identifying and preserving cultural heritage objects - coastal walls of harbors, fortifications and engineering structures.*

**Ключевые слова:** остров Котлин, Петр I, фортификационные сооружения, инженерные сооружения, гавани, искусственный ландшафт, историко-архитектурное наследие, нематериальное культурное наследие

**Keywords:** Kotlin Island, Peter I, fortifications, engineering structures, harbours, artificial landscape, Historical and Architectural Heritage, Intangible Cultural Heritage

#### Введение

Актуальность темы исследования определяется необходимостью возрождения малых исторических городов и исторических поселений. Одним из важнейших аспектов сохранения города Кронштадта, возведенного Петром I на острове Котлин, является создание модели устойчивого развития, направленной на раскрытие ландшафтной, градостроитель-

ной и объемно-пространственной идентичности города. Сохранение специфических черт города-крепости, созданного в уникальных условиях, невозможно без изучения формирования его береговой линии, фортификационных объектов, судоремонтных сооружений и сложной гидротехнической системы.

«Культура должна рассматриваться как совокупность присущих обществу или социальной группе отличительных признаков – духовных

и материальных, интеллектуальных и эмоциональных» [1], поэтому мощным ресурсом для реабилитации и возрождения исторического места является нематериальное наследие. С этим связана актуальность научно-исследовательской работы в архивных фондах, направленной на изучение текстовых и графических документов, освещающих не только строительство фортификационных сооружений, гаваней, жилых и гражданских строений, а также торговые взаимоотношения, общественно-политическое устройство и систему ценностей.

**Цель исследования** – выявить специфику формирования береговой линии острова Котлин на начальных этапах освоения территории, проанализировать важнейшие векторы их развития в первой трети XVIII в., с тем чтобы уточнить и скорректировать существующие границы объектов градостроительной охраны.

**Методика исследования** основана на изучении и анализе архивных источников и картографического материала, не введенных ранее в научный оборот; методы исследования – исторический, градостроительный, типологический и визуальный анализ, а также натурные обследования, включающие анализ эмоционального воздействия специфичной исторической среды на человека.

С древнейших времен остров Котлин в Финском заливе принадлежал России – это были земли Вотьской пятинны Великого Новгорода. Территории, лежащие на пути «из варяг в греки», утраченные Россией при заключении Столбовского мирного договора 1617 г., были возвращены в ходе Северной войны. С этого времени Котлин неразрывно связан с именем Петра I.

Взятие крепостей Нотебург и Ниеншанц позволило русским войскам контролировать Неву от Ладожского озера до Финского залива. 16 мая 1703 г. император Петр I закладывает крепость Санкт-Питер-Бурх, но, поскольку идет Северная война, новый город находится под угрозой шведского флота [1]. Поэтому осенью того же года Петр находит подходящее место для постройки еще одной крепости – на острове Ретусаари (по-русски – Котлин), лежащем возле самого фарватера. Большая протяженность острова позволила выстроить не только единичные укрепления, а развернуть целую систему батарей и фортов как на воде, так и на берегу и тем самым создать оборонительный щит, прикрывающий новую столицу. Петр I лично выходил в море для осмотра островов и оценки местности, производил рекогносцировку, обследовал и промерял фарватеры.

Длина острова Котлин около 12 км, ширина – 2-4 км. Залив у берегов острова мелководен и с севера вражеским кораблям Котлин было не

обогнуть. Но проходящий вдоль острова южный корабельный фарватер представлял значительную опасность и требовал строительства специальных сооружений [2], поскольку орудия, поставленные на острове, не смогли бы своим огнем перекрыть весь фарватер и защитить новую столицу от вражеских кораблей. Поэтому в версте от южного берега Котлина, на отмели, Петр I приказывает строить форт (крепость Кроншлот) [3]. Проект первого форта принадлежит императору, возводят форт солдаты пехотных полков Ф. С. Толбухина и П. И. Островского. При постройке применялся старинный способ, разработанный при создании плотин и мостов [2]: сначала из бревен изготавливались срубы, внутреннее пространство которых заполнялось камнями. По верхним венцам укладывался настил. Первый форт был увенчан трехъярусной шатровой башней со смотровой площадкой, фонарем и флагштоком [3] (рис. 1). «К юго-западу напротив ингерманландского берега стоит значительная морская крепость Кроншлот – на песчаной отмели, для чего Петр Великий... велел посреди зимы сделать из ящиков с камнями основание и затем поставить его в таком месте, чтобы эта крепость могла ... открывать и запира́ть путь из Восточного моря в С. Петербург... Крепость постоянно обеспечена должным гарнизоном. Между крепостью и островом Ретусаари вода шириной около двух тысяч шагов, и она достаточно глубока для выходящих и входящих кораблей» [4]. На новом форте было установлено четырнадцать 6-фунтовых пушек. 7 мая 1704 г. Петр освятил новую крепость, которая получила название Кроншлот – Коронный замок.



Рис. 1. Кроншлот. Гравюра П. Пикара, начало XVIII. Источник изображения: [http://www.russianprints.ru/printmakers/p/picart\\_pieter/kronshlot.shtml](http://www.russianprints.ru/printmakers/p/picart_pieter/kronshlot.shtml)

Крепость строилась в условиях постоянной угрозы нападения, так как шведское командование всеми силами старалось не допустить закрепления русских на Котлине. Весной 1705 г. на острове началась подготовка к очередному наступлению шведов – были восстановлены Ивановская и Андреевская батареи, было построено несколько новых. В 1716–1724 г. рядом с Кроншлотом был выстроен «Новый Кроншлот», возведённый на ряжево-свайном основании. Внутри находилась гавань, где могли швартоваться корабли гребного флота. Согласно плану 1721 г., который приписывается Петру I, на самом западном мысу острова должна была располагаться береговая батарея.

7 (18) октября 1723 г. на Петром I на острове Котлин была заложена крепость, получившая название Кронштадт, и только под защитой крепостных сооружений началось строительство города. По аналогии с Амстердамом, Петр планировал перерезать весь остров четырьмя каналами, из которых Первый – А, А должен был идти по направлению нынешнего канала Петра I и продолжаться до северного берега; Второй – В, В в том же направлении, должен был пересекать восточную часть острова; Третий – С, С, перпендикулярный двум первым, западным своим концом должен был соединяться с морем (севернее нынешней Цитадельской пристани), а к востоку доходить до овра-

га, на месте которого предполагалось вырыть огромный бассейн и в нем к югу и северу устроить по три эллинга; Четвертый канал – D, D, параллельный третьему, должен был идти в 220 сажнях к северу от него и упираться западной своей оконечностью в море, а восточной во Второй канал – В, В, параллельный Первому и перпендикулярный к Третьему и Четвертому.

Из всех этих запланированных вариантов, в действительности осуществлены только следующие: южная часть Первого канала от А до А и отчасти восточная часть Третьего канала от С до С (рис. 2). В центре острова планировали соорудить бассейн с шестью доками и огромную башню-маяк, но после смерти Петра идея строительства башни-маяка была отвергнута, а доки было решено строить не в основном бассейне, а в конце канала [5]. Открытие док-канала состоялось также уже после смерти императора – 30 июля 1752 г.

Новая морская крепость включила город Кронштадт с оборонительными сооружениями Центральной крепости, гавани, крепостные стены, островные, морские и береговые форты, батареи, редуты, Толбухин маяк, подводные ряжевые и свайные преграды.

Периоды самого интенсивного строительства и модернизации гаваней и укреплений Котлина соответствовали предвоенным и военным годам. На протяжении всей войны со Швецией

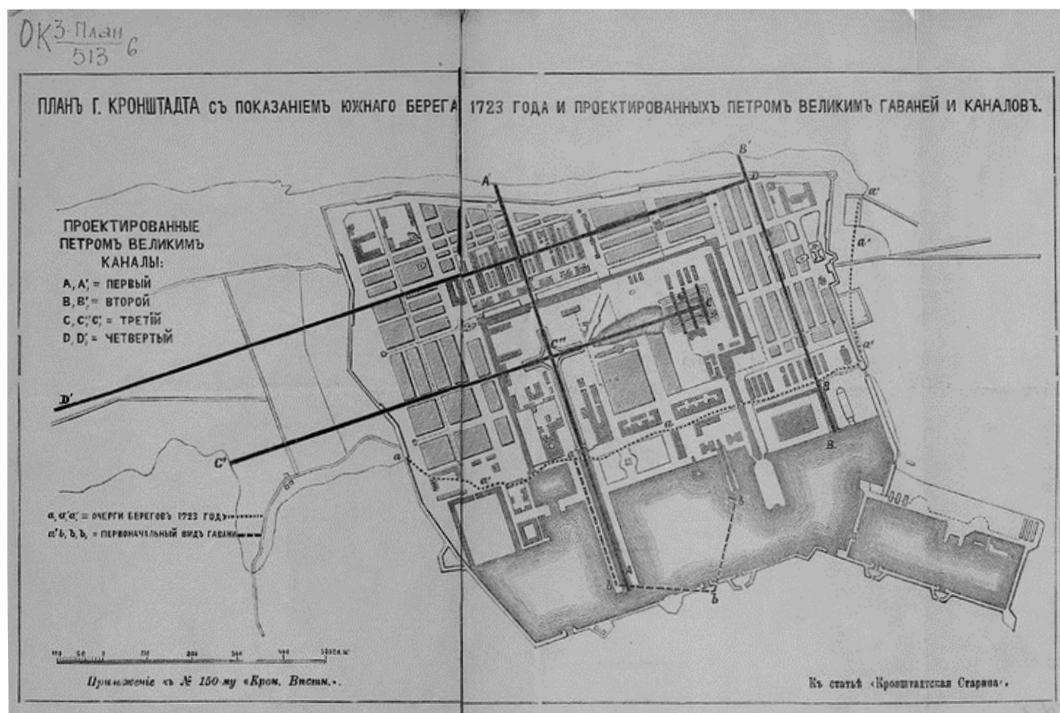


Рис. 2. План г. Кронштадта с показанием южного берега 1723 г. и проектированных Петром Великим гаваней и каналов. Источник изображения: Кронштадтский вестник. 1886. № 150

у берегов острова Котлин стояли военные корабли, охраняющие залив. Поскольку гавани еще не были возведены, осенью корабли уходили на зимовку в Петербург. Строительство первой гавани началось в ноябре 1709 г., ответственным был назначен вице-адмирал Корнелий (Корнелиус) Крюйс [6] (рис. 3). Для ограждения гавани перпендикулярно к береговой линии Крюйс стал возводить мол-пристань. В своем письме от 7 марта 1712 г. Крюйс пишет, что суда нужно «передислоцировать в новую гавань на остров Котлин», т. е., несмотря на проведение строительных работ, Котлинская гавань уже принимала суда. В 1712 г. стали строить также и первый «мокрый» док для ремонта кораблей. Док осушался ветряной машиной, а его шлюзовые ворота не затворялись, а опускались.

В 1714 г., ознаменованном Гангутской победой, окончательно вошла в строй первая гавань. Но в гавани помещалось всего 40 судов, а русский флот все увеличивался. Имелся и еще один важный недостаток – гавань располагалась слишком близко к рейду. И в 1715 г. «... Государь имел возможность и время приступить к... постройке гавани более обширной, чем первая». В исходе 1715 г. Петр I составил проект системы гаваней, существующих до наших дней. Одновременно с возведением стенок гаваней осваивалась и территория острова вдоль южной береговой линии [2]. На плане 1723 г. в непосредственной близости к гавани виден дом императора. Этот же план дает представление о первоначальном очертании южного берега острова Котлин (извилистая пунктирная линия) и о тех земляных работах, которые были проведены для создания регулярной планировки прибрежной территории (рис. 4).

Первыми жителями острова стали военные морских и сухопутных войск. Для нижних чинов строились казармы для пехотных полков и мастеровых, составляющих его гарнизон и строивших укрепления, дома для офицерского состава, необходимые хозяйственные строения, амбары, магазины. К 1710 г. на острове было выстроено уже 80 домов для военных. Все первоначальные постройки были деревянными и возводились с утвержденными образцовыми фасадами. Они повторяли традиционный тип городской избы или городских хором. В декабре 1715 г. последовал указ выслать для строительства гаваней на Котлине 31486 человек из пяти губерний. Строящиеся гавани разбили на участки, каждый участок закрепили за определенной губернией. Однако вскоре убедились, что труд присланных «рабочих людей» малопродуктивен, а потому решили строить с помощью наемной силы. Строительство шло гигантскими темпами: уже в 1716 г. вице-адми-



Рис. 3. Проектная карта постройки доков и гаваней на острове Котлин в начале XVIII в. Источник изображения: [http://www.etomesto.ru/img\\_map.php?id=5583](http://www.etomesto.ru/img_map.php?id=5583)

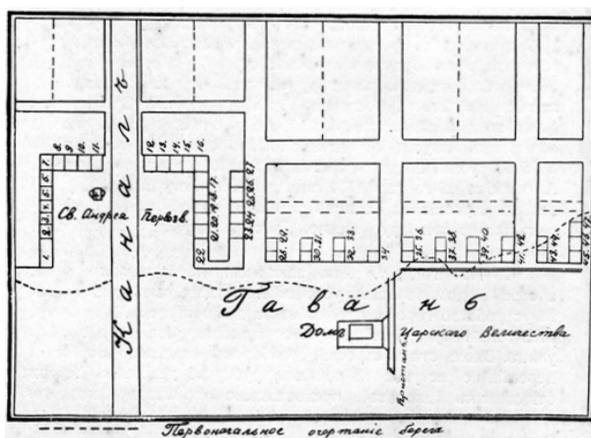


Рис. 4. План г. Кронштадта 1723 г. Источник изображения: Елагин С. И. Начало Кронштадта. Кронштадтский Вестник. 1866. № 1

рал Крюйс напишет, что «в гаванях на острове Котлин ведется строительство кораблей». Из многочисленных писем Крюйса, сохранившихся в архивах, видно, что, несмотря на еще неокончившуюся Северную войну, российские торговые корабли отправляются из Котлинских гаваней в Гельсингфорс, Або, Ревель, Венецию, Копенгаген, а на Котлин также прибывают иностранные суда [7], привозящие венецианское стекло, строительные и отделочные материалы, саженцы декоративных и плодовых культур, мебель, предметы роскоши.

Надзор за строительными работами осуществлял сенатор М. М. Самарин [2]. В феврале 1718 г. Военная гавань, кроме западной её стенки, возвышалась над водой на 5 футов. На «Плане гаваней и проектированных каналов и доков на Котлине острове 1723 года» обозначено «место первоначальной гавани», а также очертания новых проектируемых и отчасти возведенных стенок новых гаваней (рис. 5).

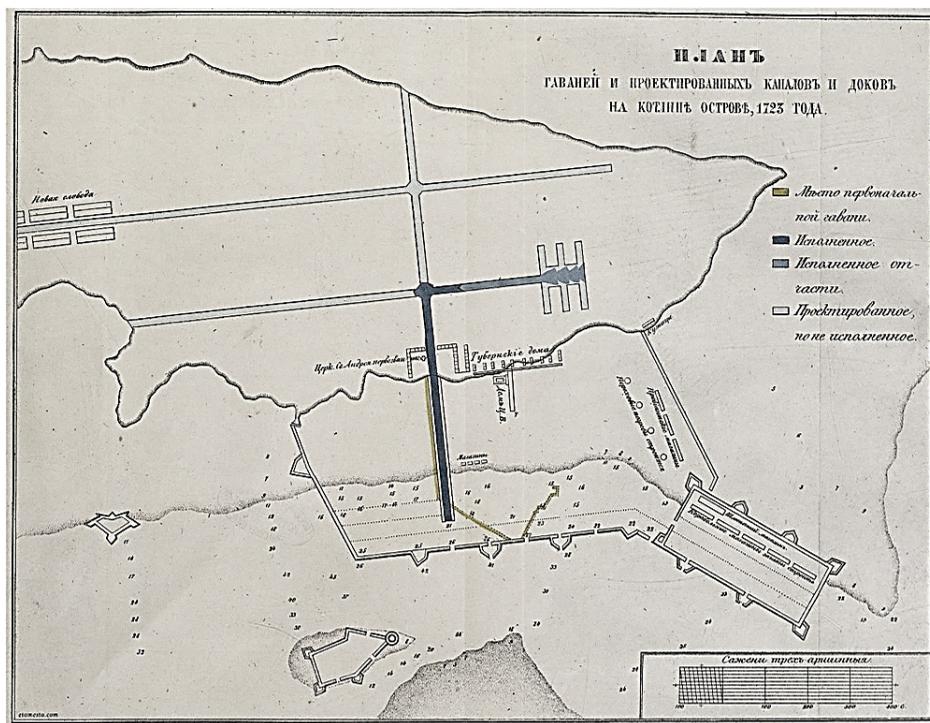


Рис. 5. План гаваней и проектированных каналов и доков на Котлине острове 1723 г. Источник изображения – РНБ

Первые упоминания о Купеческой гавани содержатся в письме А. Д. Меншикова Петру I в 1718 г. При ее строительстве использовались ящики-ряжи, из которых были возведены стенки самой первой гавани – их переносили на новое место.

Деловая переписка Петра I с капитаном-командором Эдвардом Лейном дает основание считать автором проекта гаваней острова Котлин российского императора [7]; отвечал за строительство Э. Лейн. Возведенные гавани (Военная, Средняя, Купеческая и Лесная) соответствуют плану, утвержденному Петром I в 1721 г. Формирование ландшафта южной береговой линии острова Котлин полностью находилось под контролем императора.

С 1717 по 1727 гг. по замыслу Петра I Э. Лейн устраивает в Купеческой гавани Итальянский пруд, чтобы торговые суда могли встать здесь на разгрузку. По его же приказу дома на набережной были распределены между «флагманами и морскими капитанами».

В 1720-1727 гг. архитектором Иоганн-Фридрихом Браунштейном на берегу пруда возводится дворец, позднее получивший название Итальянский (рис. 6) [8]. С конца XVIII в. зданием владел флот. В нём располагались портовая таможня и канцелярия, а в 1770-х он был реконструирован под Кадетский морской корпус (Морское инженерное училище императора

Николая I). На южном берегу пруда было построено здание голландской кухни, где готовили еду для команд торговых судов, так как на деревянных парусниках, стоявших в гавани, разводить огонь запрещалось [9].

В первой четверти XIX в. на смену деревянному строению было возведено каменное, оно заняло место восточнее деревянной голландской кухни. Между Итальянским прудом и Купеческой гаванью стояли деревянные торговые лавки Лесной биржи, с которых продавали

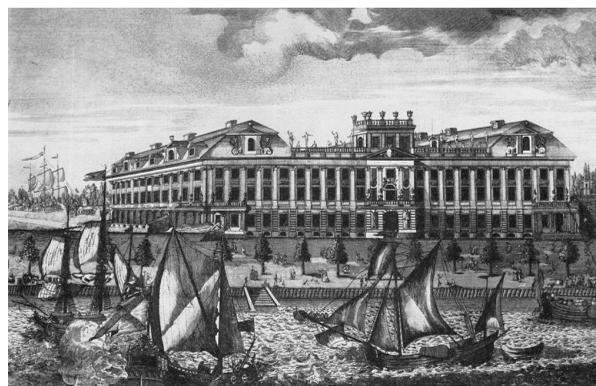
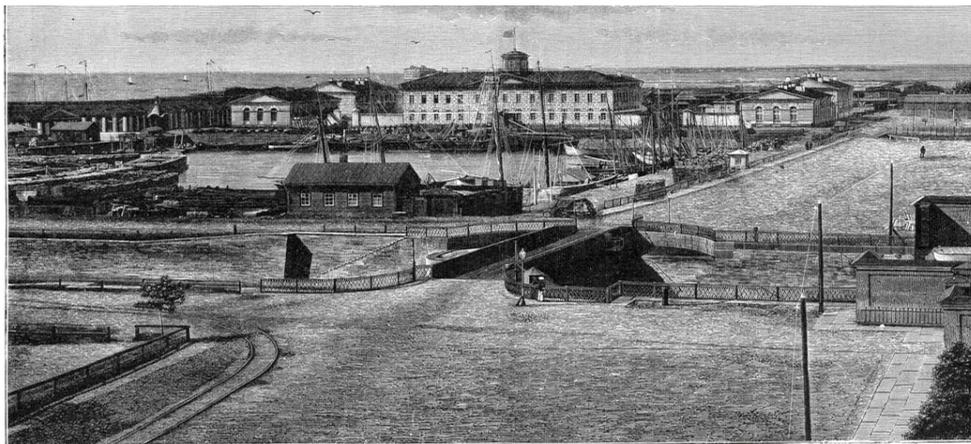


Рис. 6. Гравюра О.Эллигера 1727 года. Итальянский дворец (1720-1727, И.-Ф.Браунштейн). Источник изображения - [http://photoprogulki.narod.ru/kronstadt1\\_3.htm](http://photoprogulki.narod.ru/kronstadt1_3.htm)

рыбу, а в 1827–1828 гг. было возведено каменное здание Рыбных рядов [9–11].

В это время происходит качественный переход от стихийного и несколько хаотичного рассредоточения объектов к регулярной ансамблевой застройке. На западном берегу Итальянского пруда в 1724–1727 гг. И.Ф. Лукини возводит комплекс таможи. Главное здание – двухэтажное, на высоких подвалах со сводами, акцентированное по центральной оси небольшой башенкой, – соединялось с пакгаузами оградами с воротными проездами (рис. 7). В непосредственной близости к таможне территория застраивается казенными зданиями, предназначенными также и для иностранных купцов.

В 1723 г. была завершена чистовая отделка Военной гавани, продолжают работы по оборудованию гаваней для приема и обслуживания военных и торговых кораблей [12].



Вид Кронштадтской таможни. По фотогр. Перла, грав. М. Рашевский

Рис. 7. Гравюра «Вид Кронштадтской таможни». Источник изображения: журнал Нива. 1885. № 33

**Вывод.** Остров Котлин – историческая военно-морская база Российской империи. Гавани и фортификационные сооружения сформировали неповторимый облик Кронштадта. Историко-архитектурное наследие города неотделимо от уникального культурного кода этой территории, требующего исследования, защиты и популяризации, что необходимо учитывать при разработке модели сохранения и устойчивого развития.

Памятники военно-оборонительного зодчества, в совокупности с уникальным природно-искусственным ландшафтом, системой каналов и доков – важнейший историко-культурный потенциал Кронштадта. На начальных этапах освоения прибрежных территорий южного берега Котлина, важнейшим стимулом, обусловившим строительство, было создание фортификационного пояса – форты на рже-

После смерти Петра I (28 января [8 февраля] 1725 г.) активность строительства на Котлине резко падает. Док-канал, начатый при Петре, по-прежнему строится, но уже не такими быстрыми темпами. Формирование внешней береговой линии практически останавливается. Прекращаются поддерживающие ремонтные работы фортификационных сооружений, что к началу правления Екатерины II (1762 г.) привело к разрушению стенок гаваней. При Екатерине II начался новый этап активного строительства. Благодаря расширению торговли формировалась архитектурно-планировочная структура участков, примыкающих к Купеческой гавани. В 1781 г. Императрица подписала указ о создании в Кронштадте каменной гавани [6], начались работы по углублению гаваней, построенных при Петре I.

во-свайных основаниях, стенки гаваней и береговые укрепления стали приоритетными объектами, под защитой которых возводился город-крепость Кронштадт. Объекты промышленно-складского назначения (эллинги, пакгаузы), таможня, торговые и репрезентативные здания уже в 1820-х гг. возводились с учетом строгого функционального зонирования, в непосредственной близости к гаваням.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. UNESCO Universal Declaration on Cultural // General Conference of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2001.
2. Розадеев Б.А., Сомина Р.А., Клещева Л.С. Кронштадт. Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1977. С. 32–33.

3. Петров Г.Ф. Кронштадт. Очерк истории города. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Лениздат, 1985. 333 с., ил.
4. Богданов В.И., Малова Т.И. Форт WALLFISCH как прототип петровского Кроншлота [Электронный ресурс]. URL: [http://www.reenactor.ru/ARH/PDF/Bogdanov\\_Malova.pdf](http://www.reenactor.ru/ARH/PDF/Bogdanov_Malova.pdf) (дата обращения: 16.07.2023).
5. Канал имени Петра Великого с гидротехническими сооружениями в Кронштадте [Электронный ресурс]. URL: <https://anashina.com/kanal-imeni-petra-velikogo-v-kronshtadte/> (дата обращения: 16.07.2023).
6. Гранстрем М. А. Формирование природно-искусственного ландшафта вдоль южной береговой линии Кронштадта в XVIII–XIX вв. // Системные технологии. 2022. № 3 (44). С. 121–128.
7. Гранстрем М. А. Гавани Кронштадта: формирование природно-искусственного ландшафта в XVIII–XIX вв. // Современные проблемы истории и теории архитектуры: сб. материалов VII Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2022. С. 49–53.
8. У Петровской и Купеческой гавани. Итальянский дворец [Электронный ресурс]. URL: [http://photoprogulki.narod.ru/kronstadt1\\_3.htm](http://photoprogulki.narod.ru/kronstadt1_3.htm) (дата обращения: 16.07.2023).
9. Гавани Кронштадта – «ворота» на Большую Землю [Электронный ресурс]. URL: <https://xn--80aiqmelqc4c.xn--p1ai/press/news/gavani-kronshtadta-vorota-na-bolshuyu-zemlyu/> (дата обращения: 16.07.2023).
10. Крестьянинов В.Я. Кронштадт. СПб., 2003. 159 с.
11. Адмиралтейство. Канал им. Петра Великого с гидротехническими сооружениями [Электронный ресурс]. URL: <https://www.citywalls.ru/house19680.html> (дата обращения: 16.07.2023).
3. Petrov G.F. *Kronshtadt. Ocherk istorii goroda. 2-e izd., pererab. i dop.* [Kronstadt. Essay on the history of the city. 2nd ed., Rev. and add.]. Leningrad, Lenizdat, 1985. 333 p.
4. Bogdanov V.I., Malova T.I. *Fort WALLFISCH kak prototip petrovskogo Kronshtlota* [Fort WALLFISCH as a prototype of the Petrovsky Kronshlot]. Available at: [http://www.reenactor.ru/ARH/PDF/Bogdanov\\_Malova.pdf](http://www.reenactor.ru/ARH/PDF/Bogdanov_Malova.pdf) (accessed 16 July 2023).
5. Peter the Great Canal with hydraulic structures in Kronstadt. Available at: <https://anashina.com/kanal-imeni-petra-velikogo-v-kronshtadte/> (accessed 16 July 2023).
6. Granstrem M.A. The formation of a natural-artificial landscape along the southern coastline of Kronstadt in the XVIII–XIX centuries. *Sistemnye tehnologii* [System Technologies], 2022, no. 3(44), pp. 121–128. (in Russian)
7. Granstrem M.A. Harbor of Kronstadt: the formation of a natural and artificial landscape in the XVIII–XIX centuries. *Sovremennye problemy istorii i teorii arhitektury: sb. materialov VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Modern problems of history and theory of architecture: Sat. materials of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference], St. Petersburg, 2022, pp. 49–53. (In Russian).
8. At Petrovsky and Merchant Harbor. Italian Palace. Available at: <https://xn--80aiqmelqc4c.xn--p1ai/press/news/gavani-kronshtadta-vorota-na-bolshuyu-zemlyu/> (accessed 16 July 2023).
9. Harbors of Kronstadt – “gate” to the Big Earth. Available at: <https://xn--80aiqmelqc4c.xn--p1ai/press/news/gavani-kronshtadta-vorota-na-bolshuyu-zemlyu/> (accessed 16 July 2023).
10. Krestyaninov V.Ya. *Kronshtadt* [Kronstadt]. St. Petersburg, 2003. 159 p.
11. Admiralty. Peter the Great Canal with hydraulic structures. Available at: <https://www.citywalls.ru/house19680.html> (accessed 16 July 2023).

## REFERENCES

1. UNESCO Universal Declaration on Cultural. General Conference of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2001.
2. Rozadeev B.A., Somina R.A., Kleshcheva L.S. *Kronshtadt* [Kronstadt]. Leningrad, Stroyizdat, 1977. P. 32–33.

Об авторе:

**ГРАНСТРЕМ Мария Александровна**  
кандидат архитектуры, доцент, заведующая кафедрой дизайна архитектурной среды Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-ая Красноармейская, 4  
E-mail: [arch\\_project@bk.ru](mailto:arch_project@bk.ru)

**GRANSTREM Maria Al.**  
PhD in Architecture, Associate Professor, Head of the Architectural Environment Design Chair St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4  
E-mail: [arch\\_project@bk.ru](mailto:arch_project@bk.ru)

Для цитирования: Гранстрем М.А. Начальные этапы освоения южной береговой линии острова Котлин // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 83–89. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.11.  
For citation: Granstrem M.A. Initial development of Cotlin Island south shoreline. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 83–89. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.11.

М. В. ЗОЛОТАРЕВА  
А. В. ПОНОМАРЕВ

## АДАПТИВНАЯ АРХИТЕКТУРА И НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ СРЕДОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

RESPONSIVE ARCHITECTURE AND NEW APPROACHES  
TO THE ORGANIZATION OF ENVIRONMENTAL ELEMENTS

*Рассматривается адаптивная архитектура, одно из динамично развивающихся проектных и строительных направлений, включающих в себя инженерно-технологическую базу, архитектурно-проектный контент, принципы зеленой архитектуры, направленные на реализацию потребностей общества и отдельного индивида. В основе адаптивной архитектуры тезис – «в природе нет ничего неподвижного». Являясь частью природного контекста, человек имеет право на пребывание в устойчивой среде, развитие которой определяется через экологические, экономические и социальные аспекты. В исследовании дается характеристика основных направлений развития адаптивной архитектуры, а также перспективы развития адаптивной архитектуры в контексте с современными технологическими процессами и потребностью общества. Поскольку адаптивная архитектура является синтетической областью деятельности, ее исследование проводится на основе материалов, относящихся к различным видам проектирования (инженерно-технические решения, мобильное формообразование, зеленая архитектура).*

**Ключевые слова:** мобильная архитектура, архитектурно-проектная деятельность, инженерно-технические решения зеленой архитектуры, устойчивая среда жизнедеятельности

### Введение

Актуальность темы исследования определяется тесной взаимосвязью развития современных архитектурно-строительных и инженерных отраслей с потребностью общества, его ценностными ориентирами, где динамика, мобильность и экологический комфорт выходят на первый план. Являясь достаточно новым направлением, адаптивность архитектурного пространства в настоящее время представляет собой активно развивающуюся область архитектурной практики, которая решает проблемы организации среды с помощью динамических принципов формообразования.

При этом решения могут касаться не только пространственной трансформации зданий

*This paper reviews responsive architecture, a dynamically developing aspect of design and construction, encompassing fundamental engineering and technological principles, architectural and design content, and green architecture elements to meet the needs of society and the individual. The key thesis of responsive architecture is “nothing in nature is motionless”. As part of nature’s context, the individual has the right to exist in a sustainable environment, the development of which is shaped through environmental, economic, and social aspects. Our research characterizes the key directions of responsive architecture’s development and development prospects in the context of the current technological processes and social needs. Since responsive architecture is based on synthesis, we rely on materials from various design fields (including engineering and technical solutions, mobile form-making, green architecture, etc).*

**Keywords:** mobile architecture, architecture and design, green engineering and technical solutions, sustainable living environment

и сооружений, но распространяться до уровня средовых элементов и городских кварталов.

В настоящее время архитектура – это не только строительное искусство, она демонстрирует открытость множеству дисциплин, позволяющих принимать решения адаптивного характера применительно к организации архитектурных объектов и городского пространства. Находясь на стыке таких дисциплин, как собственно объемно-пространственное искусство, дизайн и инженерные технологии, адаптивная архитектура является тем катализатором, который способствует интеграции архитектурных и инженерных процессов. Можно видеть многогранность составных частей понятия «адаптивная архитектура», поэтому поиск ре-

шений исследователи и практики ведут в нескольких направлениях:

- инженерно-технологические решения (Ральф Диш, Ульям Макдонак, Клейн Меркатт, Norman Foster и др.);

- разработка методов мобильного формообразования (Жан Нувель, Доменик Перро, Сантьяго Калатрава, David Fisher, Robert Konieczny и др.);

- архитектурная теория и практика экологической составляющей (Werner Sobek, Эмилио Амаш, Ванг Мен Сумм, Ренцо Пьяно, Vincent Callebaut и др.);

- продвижение устойчивого развития среды городов (Jacque Fresco, Кен Янг, Sunand Prasad и др.)

Следует отметить, что приведенное разделение направлений научных идей и проектной практики между представителями мировой архитектуры является достаточно условным. Основное направление архитектурной мысли в настоящее время – формирование устойчивого развития среды жизнедеятельности человека, что является важнейшим фактором проектных реализаций.

Цель исследования – проанализировать характеристики адаптивных сред и определить тенденции развития этого направления.

Определяя задачи исследования, необходимо обратить внимание на следующие:

1. Классифицировать историческое развитие направления адаптивной архитектуры.

2. Уточнить понятие адаптивной архитектуры.

3. Дать характеристику основных направлений развития адаптивной архитектуры.

4. Выявить перспективы развития адаптивной архитектуры в контексте с современными технологическими процессами и потребностью общества.

### Методы исследования

Методика исследования основана на комплексном изучении составляющих понятия «адаптивная архитектура». Исторический экскурс помогает сделать вывод о предпосылках возникновения этого архитектурного явления. Многоплановость объекта исследования проводится с помощью сравнительно-описательного анализа индивидуальных особенностей проектов и реализованных объектов, соотносящихся с данным направлением. В этой связи проводится анализ материалов, источники которых находятся в принципиально разных областях, относящихся к различным видам проектирования (инженерно-технические решения, мобильное формообразование, зеленая архитектура и т. д.).

### Основная часть

#### *Исторический экскурс развития идей в области адаптивного пространства*

Мобильность, взаимозаменяемость, трансформация – эти термины издавна существуют в архитектурной практике. Однако активный поиск решений в этой области был начат в 1920-х гг. Здесь можно выделить несколько направлений.

Трансформация внутренней структуры статичного объекта стала основой проектирования жилых зданий в 20-х гг. XX в. Это передвижные перегородки, встраиваемая мебель, модификация спальных мест, увеличивающая дневную зону пребывания, и т. п. Программным документом данного направления становится застройка поселка Вайсенхофф, многие из домов которого обладали потенциальной мобильностью жилого пространства. Архитекторами Ле Карбюзье, Людвигом Мис ван дер Роэ, Мартом Статом в проектах была заложена адаптация архитектурного пространства к изменениям требований жителей. Теория пластичной архитектуры была выдвинута архитектором, художником, теоретиком нового искусства Тео ван Дусбургом, который соединяя пространство и время получал «пластический эффект».

Движение – живая материя как альтернатива застывшего состояния материи мертвой. Начиная с 10-х гг. XX в. искусство ищет возможность изображения движущегося объекта. Начало было положено в станковой живописи и скульптуре, как в наиболее мобильных видах искусства, по сравнению с архитектурой. Отказ от статичных форм, передачу движения можно видеть у итальянских футуристов У. Боччини, Л. Руссола, Д. Балла. Следующим шагом в воплощении динамики форм, применительно к архитектуре, становятся произведения русских конструктивистов В.Татлина, Эль Лисицкого, Н. Ладовского, К. Мельникова [1]. Проект памятника-маяка Колумбу, призванного увековечить память мореплавателя, выполненный Константином Мельниковым, на многие десятилетия опередил разработку идей динамической архитектуры и включение в нее кинетических элементов. Конструкция из двух конусов, врезанных друг в друга, снабженная крыльями, обеспечивала вращение монумента. При этом менялось не только визуальное восприятие композиции, но и ее цветное решение.

Еще одним направлением, давшим посыл в будущее, являются работы с городским пространством, его адаптация к новым общественным ценностям. В начале XX столетия в соответствии с учением Э. Говарда проектируются

и строятся города-сады, которые размещаются вблизи крупных городов – Лондона, Брюсселя, Гамбурга, Эссена и др. Следующей темой в этом блоке стала идея организации линейных городов. Можно сказать, что такой город представляет собой «развернутую» центричную модель города-сада Говарда. Имея длину больше своей ширины, в своем поперечном сечении он обеспечивает доступ к ландшафтам, прилегающим к городским территориям. Первый такой город был спроектирован еще в конце XIX в. для Мадрида Arturo Soria y Mata. Подобный город был предложен Ле Карбюзье для застройки Алжира. В данном случае «руслом расселения» должна была стать дорога, проходившая по крышам домов. Своих приверженцев эта идея нашла и в советской России.

Обособленно, в части работы с городским пространством, стоят проекты вертикального городского зонирования, среди которых наиболее фантастичным является работа летающего города Г. Крутикова [2]. Будучи выпускником проектной мастерской Н. Ладовского ВХУТЕИНА, он представил проект города будущего. Основное положение, которым руководствовался Г. Крутиков, состояло в том, что новый общественный строй должен оторвать человечество от земли и разместить жилые объекты в воздушном пространстве. Излагая общие принципы своей теории, Крутиков писал в 1929 г.: «Архитектура стремится стать все более и более подвижной ..., современная неподвижная, мертвая и неудобная планировка городов в дальнейшем должна быть заменена подвижной планировкой, основанной на новых принципах решения пространства».

Проекты, связанные с городами вертикального зонирования, выполнялись и другими архитекторами-футуристами: А. Лавинским (город на рессорах), Э. Лисицким (горизонтальные небоскребы) [3], К. Мельниковым (многоэтажные гаражи-стоянки над мостами через Сену в Париже).

Разработанные футуристами 20–30-х гг. XX в. фантазийные проекты линейных, летающих городов, движущихся кинетических объектов продемонстрировали направление архитектурной мысли, развитие которой с энтузиазмом было подхвачено в 1960-х гг. Одним из продолжений развития адаптивных тенденций стали проекты динамичного пространственного урбанизма японских метаболистов К. Кикутаке, Ф. Маки, М. Фумихико и др. Основной концепцией, основанной на эстетической формуле «завершенное в незавершенном», стало понятие цикличной последовательности стадий изменений городских организмов. Для решения проблем расселения, остро встав-

ших перед Японией, метаболисты предлагали трехмерное зонирование территорий, где существовали каркасные неизменяемые элементы и «ткань», – динамическое варьируемое пространство, обеспечивающее возможность адаптации и роста. Проекты «Токио – 1960» (К. Танге), «Город в воздухе» (И. Исодзаке), плавающий город (К. Кикутаке) предметом проектной деятельности объявляли объемно-пространственную среду в целом. Реализованный проект капсульного дома «Накогин» (К. Курокава) продемонстрировал прежде всего финансовую невозможность взаимозаменяемости морально устаревших элементов. Хочется высказать мнение, что в 1960-х гг. время осуществления этих идей не пришло. Концепция экогорода в океане от компании Shimizu Corporation снова возникла в Японии спустя почти 50 лет.

Британские архитекторы пошли дальше в развитии идей динамического города. В проекте «Living Pod» Дэвида Грина (группа Archigram, 1966 г.) архитектор сравнивает оболочку для жизни с одеждой. Эта капсула передвигается на ножках, а парковать ее можно в любом месте, в городе или на природе. Еще одним проектом этой же группы является «Walking City», автор Рон Херрон (1964 г.). Этот значительный по своим размерам объект (400 м в длину и 200 в высоту) вполне претендует на многоквартирный дом.

Озабоченность экологической ситуацией во второй половине XX в., связанная с потеплением климата, истощением озонового слоя, загрязнением мирового океана и подъемом его уровня, а также энергетическими проблемами, вызвала большое количество архитектурных фантазий на тему экологизации пространственных структур, некоторые из которых позднее получили свое реальное воплощение. Останемся на наиболее ярких проектах.

Летающие сады компании «Rael San Fratello architects» призваны улучшить экологическую обстановку в крупных городах. Они представляют собой управляемые дирижабли с растениями, зависающими над наиболее неблагоприятными в экологическом отношении территориями.

Множество идей по улучшению климата принадлежит бельгийскому архитектуру-экологу Vincent Callebaut. Один из них назван Hydrogenase, он представляет собой летающий объект (на основе дирижабля) в форме лотоса. Архитектор разработал установку по биотехнологическому получению водорода из водорослей специального вида. Еще одним проектом этого архитектора является проект гигантских кораблей-островов, на которых в будущем люди смогут жить. Острова очень похожи на лилии, отсюда и название – «Lilypad».

### Уточнение понятия «адаптивное пространство»

Из исторического экскурса можно видеть, что многие из направлений архитектурной и технической мысли, содержащие в себе адаптивную составляющую, развивались отдельно в соответствии со своим направлением и только с начала XXI в. были спаяны в одну мультидисциплину, объединенную под трендом «адаптивное пространство».

Это дает возможность уточнить определение понятия «адаптивное архитектурное пространство». Впервые термин «адаптивная архитектура» был применен в конце 1960-х американским IT-проектировщиком Николасом Негропonte. В это время пространственные задачи дизайна начали решать с применением кибернетики. Негропonte предлагал использовать вычислительные технологии для организации пространств и структур с целью достижения более эффективного и рационального результата эксплуатации.

С этого времени произошли значительные изменения в структуре, смыслах и семантике этого понятия [4]. Рассмотрим уровни адаптации архитектурного пространства – элемент объекта, здание, фрагмент среды.

На уровне элемента оцениваются качества интерактивности, наличие свойств, инициирующих реакцию на изменения окружающей среды. В качестве таких объектов могут быть рассмотрены «умные» фасады или кровли. Американский архитектор Дорис Ким Сун, применяя композитный материал термо-биметаллин, создает ограждение помещения, которое реагирует на температуру воздуха и освещенность, при необходимости защищая людей от солнца и обеспечивая вентиляцию. Еще один пример «умного» фасада в здании Media-Tic в Барселоне. Постройка выполнена из особого материала, который пропускает свет, но не пропускает тепло. Благодаря этому внутри не жарко даже в самые знойные летние дни. Кроме того, пленка заряжается от обычного света даже в пасмурный день, позволяя конструкции светиться в ночное время в течение восьми часов. А благодаря использованию экологически чистых источников энергии, объем выбросов углекислого газа сокращается на 90 %.

В контексте адаптивности здание рассматривается под углом различных срезов или характеристик, таких как:

- технические и композиционные возможности регулярной или периодической трансформации планировки или объема [5];
- интеграция смежных дисциплин (экологичность, энергоэффективность и т. п.);

- интерактивность, способность реагировать на изменения окружающей среды или потребностей человека [6].

При этом адаптивность здания может оцениваться по одной характеристике или учитывается их комплекс. Например, характеристика «композиционные возможности регулярной или периодической трансформации планировки или объема» может быть отнесена к историческим объектам, утратившим свою функцию, но объем которого может быть использован под другие цели. Здесь можно привести множество примеров, в основном касающихся адаптации под новую функцию промышленных зданий. Приведем несколько из них: Культурно-развлекательный центр в старых зданиях ремонта вагонов (архитектурное бюро Atelier Brückner, 2005-2019, Штутгарт); Жилой комплекс «Газгольдеры Кингс-Кросс» (британская фирма Wilkinson Eyre, 2015, Лондон); Превращение топливных баков Аэропорта Лонхуа в Арт-центр и парк Tank Shanghai (архитектурное бюро OPEN Architecture, 2019, Шанхай), Выставочное пространство в московской ГЭС-2 (Ренцо Пьяно, 2021, Москва).

На уровне средового элемента адаптивность рассматривается с точки зрения тезиса, что «в природе нет ничего неподвижного». Пространство рассматривается как живой организм, чутко реагирующий на потребности людей, развитие которых определяется законами развития общества. Причем это относится как к исторической среде, так и к вновь создаваемой. И при этом присутствие экологической составляющей является наиболее значимым фактором [7]. Ярким примером в данном случае служит проведенный в 2009 г. конкурс на центральный район болгарской столицы Софии. В конкурсе участвовали Доменик Перро, Норман Фостер, Заха Хадид, Массимилиано Фуксас и др. Каждый из этих архитекторов определил роль озелененного пространства в среде реконструируемого района. Связь с природным окружением была для получившего первую премию Перро одной из главных задач при проектировании: «осью» застройки стал парк, протянувшийся через весь новый район «София-Сити».

Уточненное понятие адаптивной архитектуры выглядит следующим образом.

Адаптивная архитектура – это синтетическая область архитектурно-строительной деятельности, направленная на формирование устойчивой среды жизнедеятельности человека. Она основана на решении проектных задач, генерируемых природой человека и социальным устройством общества, культурой и требованиями оптимальных условий жизни. Практика адаптивной архи-

тектуры включает в себя комплекс дисциплин научно-теоретического характера и нестандартных направлений проектного творчества.

### *Основные направления и перспективы развития адаптивной архитектуры*

Параллельно инновационным процессам «мечтателей» в XX в. строилась статичная традиционная архитектура, основанная на неоправданных теориях социального благополучия и амбициях архитекторов, знающих «как лучше». Эти теории и амбиции однажды были разбиты в полном смысле этого слова. Снос жилого комплекса Прютт-Айгоу в Сент-Луисе в 1972 г. продемонстрировал кризис архитектуры, не желающей меняться под воздействием сформировавшихся требований общества созданию, по выражению Ч.Дженкса, «гуманного окружения».

И здесь как раз мы видим коренное отличие традиционной архитектуры от архитектуры адаптивной, которая получает информацию от контекста и человека. При этом, работая на разных уровнях (от микросистем до мегаструктур) [8], адаптивная архитектура имеет потенциал гибкого развития с учетом необходимых параметров связи таких систем, как человек, город и природа.

При уточнении определения «адаптивная архитектура» мы рассматривали свойства адаптивных сред (элемент объекта, здание, фрагмент города). При рассмотрении развития процесса адаптивной архитектуры необходимо обозначить компетенции, обеспечивающие потенциальную адаптивность при работе в этом направлении.

1. *Технологии работы с природными системами и ландшафтными средами.* В данном случае необходимо учитывать несколько направлений [10] обозначенной компетенции:

- Включение озеленения в проекты зданий и среды. При реконструкции объектов и территорий необходимо отдавать приоритет ландшафтной реконструкции [11]. Экологизация территорий старых городов в настоящее время представляет собой большую проблему. И в данном случае в качестве положительного примера можно привести город Барселону, власти которого инициировали работы по включению озеленения в существующую городскую среду. Суть проекта сводится к созданию «зеленых коридоров» в городе, которые свяжут периферийные природные зоны с территорией Барселоны. Также планируется создание озелененных пешеходных пространств в районах Eixample и организация парковой инфраструктуры в районе Poble Nou. Реконструкция района Poble Nou ведется с начала XXI в., демонстрируя адаптацию заброшенной

промышленной территории под зоны музейного, выставочного характера, здесь строятся офисы и жилые здания, резервируются участки под ландшафтные объекты.

- Использование «зеленых» технологий, включающих озеленение горизонтальных [12] и вертикальных поверхностей [13]. В этой связи необходимо упомянуть работы таких архитекторов, как Патрик Бланк, создающий «живые стены» снаружи и внутри зданий различных функций; Эдуард Франсуа и его проекты озеленения фасадов (жилой комплекс M6B2 Башня биоразнообразия, Париж, 2016); Ренцо Пьяно, создавший озелененную кровлю в процессе реконструкции здания Академии наук в Сан-Франциско (2008). Простотой и оригинальностью отличается проект, разработанный нидерландской фирмой MVRDV для девелоперской компании Stein. В качестве фасада авторы проекта «Green Villa» запроектировали открытую стеллажную конструкцию, на которой установили горшки с растениями.

- Использование технологий сохранения энергии и ресурсов [14] включает в себя повышение энергоэффективности зданий [15], применение «чистой энергии» (солнца, тепла), использование «серой» (дождевой) воды для технических нужд. С введением в 1990-х гг. «зеленых» международных сертификатов стала возможна оценка и рейтинг качества эффективного использования энергии и ресурсов. Первой системой международной Зеленой сертификации стал разработанный в 1990 г. в Великобритании метод оценки экологической эффективности BREEAM. Оценка заключается в методике присуждения баллов, касающихся различных аспектов безопасности жизнедеятельности. В соответствии с этим стандартом была спроектирована в 2012 г. Олимпийская деревня в Лондоне, офисное здание «Arrowhead» в Лондоне, являющееся полностью пассивным объектом, не требующим дополнительной энергии. Международная система экологического и энергоэффективного стандарта LEED дает свою оценку после годовой эксплуатации сооружения. Так, реконструкция в 2010 г. высотного здания штаб-квартиры Дойче Банка во Франкфурте на Майне была высоко оценена стандартом LEED.

2. *Моделирование систем.* Обеспечивает высокую эффективность результата при низких затратах за счет раннего анализа взаимодействия систем объектов [16].

Эта компетенция адаптивной архитектуры предполагает комплексную работу команды экспертов для достижения необходимого результата [17]. Например, для проектирования объекта с набором заданных энергосберегаю-

щих мер необходимо применение энергетических моделей работы с целью вычисления достигаемой энергоэффективности. В процессе проектирования уже упоминавшегося здания Академии наук в Сан-Франциско (архитектор Ренцо Пьяно) моделирование для отладки инженерных систем проводилось на каждой стадии выполнения проекта. Руководителем выполнения этой части стал инженер Мэтт Росси. Эксперты анализировали пространство, используя метод вычислительной гидродинамики. При этом проведение тестов было направлено не только на тепловой комфорт посетителей, но и на необходимость обеспечения поступления воздуха, свободного от загрязнения. Проведение такого комплексного подхода позволило спроектировать одно из самых «зеленых» зданий. По системе LEED оно получило платиновый сертификат.

3. *Новые подходы к процессу формообразования.* В данном случае речь идет о проектировании кинетических [18], интерактивных систем [19], способных реагировать на изменения окружающей среды [20] или потребности человека. Известным примером является дом-трансформер Ballet Mecanique, построенный в 2017 г. фирмой Manuel Herz Architects в Цюрихе. Наполненный множеством семантических смыслов (фильм Фернана Леже, соседство с центром Карбюзе, движение листья находящегося здесь когда-то дерева) дом меняется в зависимости от ритма жизни и настроения своих обитателей. Стальные опоры фасадной стены и встроенная гидравлическая система позволяет устраивать балконы и козырьки от солнца, открывать или закрывать оконные проемы.

Еще одну тенденцию в этом направлении мы видим, когда возникает желание «вдохнуть жизнь» в ограждающие конструкции вполне утилитарных объектов. В Дании был построен SDU Campus Kolding (Henning Larsen Architects, 2014 г.), фасад которого с помощью датчиков следит за уровнем поступающего света и сохранением тепла в помещениях. При необходимости движение элементов фасада осуществляется механической системой. Если бы не магнитный маятник, установленный на фасаде научного центра LIGO, это был бы обыкновенный белый параллелепипед, каких множество в традиционной архитектуре. Кинетическая система, разработанная художниками Exploratorium Шоном Лани, Чарльзом Соуэрсом, Питером Ричардсом в сотрудничестве с учеными из Обсерватории гравитационных волн Лазерного интерферометра (LIGO) в 2006 г., помогает наглядно показать то, чем занимается центр, а именно изучением распространения волн, гравитации, света.

Кинематика, реагирующая на движение солнца, является одним из перспективных направлений в адаптивной архитектуре [21]. Наиболее известным примером динамического изменения формы архитектурных объектов в связи с использованием солнечного света является Музей Искусств Милуоки в США (Quadracci Pavilion), созданный в 2001 г. архитектором Santiago Calatrava, в работах которого прослеживается его особое отношение к свету. Павильон выполнен со своеобразной подвижной конструкцией, размещенной на крыше. Она представляет собой крылья, раскрывающиеся в солнечную погоду и складывающиеся в пасмурную или просто ночью, при этом их размах достигает 66 м. Первым [22] гелиотропным вращающимся объектом стал дом, спроектированный архитектором Rolf Disch (1994 г.). После этого появилось множество подобных объектов, которые завершает концепт-модель «Динамически изменяющийся небоскреб» в Дубае (архитектор David Fisher, 2008).

4. *Применение дизайнерских средств при решении вопросов адаптации средовых элементов.* Дизайнерская мысль в этом вопросе прошла от кинетических арт-объектов до среды высокого уровня интерактивности, связанной с дополненной реальностью. Дизайнерский арсенал достаточно многообразен [23], и его применение в адаптивных пространствах активно задействуется как достаточно мобильный элемент пространства. Здесь хочется остановиться на совмещении дизайна с технологиями [24]. Одним из примеров применения возможностей дизайнерских компонентов а процессе адаптивности среды являются работы нидерландского дизайнера Даана Рузгарда – новатора, создающего ландшафты будущего и затрагивающего в своих работах вопросы отношений между людьми, технологиями и пространством. Одним из его реализованных проектов является 600-метровая велосипедная дорожка, созданная из мерцающих камней в 2014 г. Она была навеяна картиной Ван Гога «Звездная ночь». Художник начинал свой творческий путь именно в Ньюэне. В том же году дизайнер совместно со строительной фирмой Heijmans создал Smart Highway. Данный проект сочетает в себе свет, энергию и дорожную разметку, которая реагирует на движущиеся автомобили. Люминесцентная краска аккумулирует солнечную энергию и способна излучать свет ночью на протяжении восьми часов. Активно развивающееся направление – это создание иммерсивной среды. Рассматривая понятие «иммерсивность», его обычно определяют как погружение в определённые, искусственно сформированные условия. Феномен погружения достаточно широко исследован в различных

источниках. Основной акцент в контексте рассматриваемой проблемы сделан на технологические факторы моделирования сознания посредством визуализации искусственного окружения. Эффект иммерсивности активно применяется в кино, театре, живописи, индустрии развлечений. Представляется возможным рассматривать это направление как один из возможных направлений адаптации пространства.

5. *Творческое прогнозирование. Исследование возможности цифровых технологий и инновационных материалов для создания новой городской среды.* Исследования в области информационных технологий демонстрируют определенный прорыв в создании возможностей адаптивной архитектуры как результат соединения цифровых методов формообразования с новыми возможностями цифровой архитектуры. Исследователи видят будущее цифровой архитектуры в использовании нанотехнологий для создания сложных систем на уровне нейронов и атомных частиц [16]. Маркос Новак называет результат этого процесса «нейроархитектурой», при которой форма, ее функционирование будут близки к поведению биологических живых организмов.

**Выводы.** 1. Классификация исторического развития архитектуры с адаптационными возможностями позволила определить основные направления, в которых велись исследования в этой области в XX столетии: мобильность, взаимозаменяемость, трансформация, кинетика, зеленая архитектура, вертикальное зонирование и т. п. Из исторического экскурса можно видеть, что многие из архитектурных и технических идей, содержащиеся в себе адаптивную составляющую, развивались отдельно в соответствии со своим направлением и только с начала XXI в. были спаяны в одну мультидисциплину, объединенную под трендом «адаптивное пространство».

2. Рассмотрение адаптивной архитектурной практики проводилось в соответствии с уровнями адаптации архитектурного пространства – элемент объекта, здание, фрагмент города. Это позволило уточнить понятие «адаптивная архитектура».

Адаптивная архитектура – это синтетическая область архитектурно-строительной деятельности, направленная на формирование устойчивой среды жизнедеятельности человека. Она основана на решения проектных задач, генерируемых природой человека и социальным устройством общества, культурой и требованиями оптимальных условий жизни. Практика адаптивной архитектуры включает в себя комплекс дисциплин научно-теоретического характера и нестандартных направлений проектного творчества.

3. При рассмотрении основных направлений развития адаптивной архитектуры был

обозначен набор компетенций, обеспечивающий потенциальную адаптивность при работе в этом направлении:

- технологии работы с природными системами и ландшафтными средами, включающие в себя: введение озеленения в проекты зданий и среды; использование «зеленых» технологий, включающих озеленение горизонтальных и вертикальных поверхностей; использование технологий сохранения энергии и ресурсов;

- новые подходы к процессу формообразования как проектирование кинетических, интерактивных систем, способных реагировать на изменения окружающей среды или потребности человека;

- экспертное моделирование систем для решения поставленных задач, что обеспечивает высокую эффективность результата при низких затратах за счет раннего анализа взаимодействия систем объектов;

- применение дизайнерских средств при решении вопросов адаптации средовых элементов. Дизайнерский набор средств обширен, он включает как трансформируемые модульные конструкции, так и средства, создающие дополненную реальность;

- творческое прогнозирование позволяет в проектной деятельности принимать нестандартные решения на основе теоретических разработок в научно-технических и инженерно-технологических областях.

4. Перспективы развития адаптивной архитектуры в контексте с современными технологическими процессами и потребностью общества в настоящее время демонстрирует многообразие средств и методов организации адаптивных пространств. Несмотря на разработки иммерсивной среды, а также перспективы функционирования нейроархитектуры, близкой к поведению биологических живых организмов, для каждого конкретного средового пространства должен выбираться соответствующий ему подход в организации процесса адаптации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Alter L. Villa Girasole: Rotating House Follows the Sun. 2018. URL: [www.treehugger.com/corporate-responsibility/1935-villa-girasole-rotating-house-follows-the-sun.html](http://www.treehugger.com/corporate-responsibility/1935-villa-girasole-rotating-house-follows-the-sun.html) (accessed 4 January 2021).

2. Asefi M. Transformation and Movement in Architecture: The Marriage Among Art, Engineering and Technology // *Procedia. Social and Behavioral Sciences*. 2012. N. 51. P. 1005–1010. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.08.278.

3. Bauer M., Möslе P., Schwarz M. Green Building // *Guidebook for Sustainable Architecture*. Berlin, Heidelberg. Springer. 2010. DOI: 10.1007/978-3-642-00635-7.

4. Bier H., Knight T. Digitally-Driven Architecture // *Delft School of Design Journal*. 2010. N. 6. P. 1–4. DOI: 10.7480/footprint.4.1.715.
5. Bliznakov M. The Realization of Utopia // *Western Technology and Soviet Avant-Garde Architecture*. Cambridge. New York: Cambridge University Press. 1990. P. 124–128.
6. Chattopadhyay R. Green Tribology // *Green Surface Engineering and Global Warming*. 2014.
7. Dorozhkina E. Architectural Structures for the Formation of Vertical Landscaping of Buildings // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. P. 962: 042005. DOI: 10.1088/1757-899X/962/4/042005.
8. Elmokadem A., Ekram M., Wasee A., Nashaat B. Kinetic Architecture: Concepts, History and Applications // *International Journal of Science and Research*. 2018. N. 7 (4). P. 750–758. DOI: 10.21275/ART20181560.
9. Fitzpatrick S. Cultural Revolution in Russia 1928-32 // *Journal of Contemporary History*. 1974. N. 9 (1). P. 33–52.
10. Flachbart G., Weibel P. *Disappearing Architecture: From Real to Virtual to Quantum*. Basel: Birkhäuser. Publishers for Architecture. 2005. DOI: 10.1007/3-7643-7674-0.
11. Flake G.W. *The Computational Beauty of Nature. Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems, and Adaptation*. Cambridge. MA: MIT Press. 1998.
12. Gladden M.E. A Phenomenological Framework of Architectural Paradigms for the User-Centered Design of Virtual Environments // *Multimodal Technologies and Interaction*. 2018. N.2 (4). P. 80. DOI:10.3390/mti2040080.
13. Inhabitat. The Atlanta Falcons' New Rose-Shaped Stadium Opens and Closes Like a Camera Aperture. URL: [www.inhabitat.com/atlanta-falcons-new-stadium-uses-kinetic-architecture-to-retract-rose-petal-roof](http://www.inhabitat.com/atlanta-falcons-new-stadium-uses-kinetic-architecture-to-retract-rose-petal-roof) (accessed 4 January 2021).
14. Jaskiewicz T. Process-Driven Architecture. Design Techniques and Methods // Paper presented at the Third International Conference of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design "Em'body'ing Virtual Architecture". Alexandria. Egypt. November 28–30. 2007.
15. Jaskiewicz T. Dynamic Design Matter. Practical Considerations for Interactive Architecture // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2008. N. 3 (4).
16. Novak M. Transvergence: Finite and Infinite Minds // *In Game Set and Match II: The Architecture Co-laboratory on Computer Games, Advanced Geometries, and Digital Technologies* by K. Oosterhuis and L. Feireiss. Rotterdam: Episode Publishers. 2006. P. 396–405.
17. Oosterhuis K., Xia X., Sam E.J. *Interactive Architecture*. Rotterdam: Episode Publishers. 2008.
18. Pan C.A., Jeng T. Exploring Sensing-Based Kinetic Design for Responsive Architecture // *In Proceedings of the 13th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA)*. Chiang Mai. Thailand. April 9–12. 2008. P. 285–292.
19. Podborschi V., Vaculenco M. Natural Shapes. A Source of Inspiration for Eco-Design // *In Product Engineering by D. Talabă and T. Roche*. Dordrecht: Springer. 2004. P. 111–120. DOI:10.1007/1-4020-2933-0\_8.
20. Rabanus C. Virtual Reality. In *Handbook of Phenomenological Aesthetics* by H. R. Sepp and L. Embree. Dordrecht: Springer. 2010. P. 343–349. DOI: 10.1007/978-90-481-2471-8\_68.
21. Stites R. *Revolutionary Dreams. Utopian Vision and Experimental Life in the Russian Revolution*. New York. Oxford University Press. 1989.
22. Stoikov V., Gassiy V. Energy Efficiency of Housing as a Tool for Sustainable Development // *MATEC Web of Conferences*. 2018. P. 251. 03061. DOI: 10.1051/mateconf/201825103061.
23. Strumillo K. Sustainable City – Green Walls and Roofs as Ecological Solution // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. P. 1203. 022110. DOI: 10.1088/1757-899X/1203/2/022110.
24. Trubiano F. *Design and Construction of High-Performance Homes. Building Envelopes. Renewable Energies and Integrated Practice*. New York: Routledge. 2013.
25. Wiberg M. *Interactive Textures for Architecture and Landscaping // Digital Elements and Technologies*. New York: IGI Global. 2011.

## REFERENCES

1. Alter L. Villa Girasole: Rotating House Follows the Sun (2018). Available at: [www.treehugger.com/corporate-responsibility/1935-villa-girasole-rotating-house-follows-the-sun.html](http://www.treehugger.com/corporate-responsibility/1935-villa-girasole-rotating-house-follows-the-sun.html) (accessed 4 January 2021).
2. Asefi M. Transformation and Movement in Architecture: The Marriage Among Art, Engineering and Technology. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*. 2012. N. 51. P. 1005–1010. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.08.278
3. Bauer M., Möslé P., Schwarz M. *Green Building. Guidebook for Sustainable Architecture*. Berlin, Heidelberg. Springer. 2010. DOI: 10.1007/978-3-642-00635-7
4. Bier H., Knight T. Digitally-Driven Architecture. *Delft School of Design Journal*. 2010. N. 6. P. 1–4. DOI: 10.7480/footprint.4.1.715
5. Bliznakov M. The Realization of Utopia. *Western Technology and Soviet Avant-Garde Architecture*. Cambridge. New York: Cambridge University Press. 1990. P. 124–128.
6. Chattopadhyay R. *Green Tribology. Green Surface Engineering and Global Warming*. 2014.
7. Dorozhkina E. Architectural Structures for the Formation of Vertical Landscaping of Buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. P.962:042005. DOI: 10.1088/1757-899X/962/4/042005
8. Elmokadem A., Ekram M., Wasee A., Nashaat B. Kinetic Architecture: Concepts, History and Applications. *International Journal of Science and Research*. 2018. N. 7 (4). P. 750–758. DOI: 10.21275/ART20181560
9. Fitzpatrick S. Cultural Revolution in Russia 1928-32. *Journal of Contemporary History*. 1974. N. 9 (1). P. 33–52.
10. Flachbart G., Weibel P. *Disappearing Architecture: From Real to Virtual to Quantum*. Basel:

Birkhäuser. Publishers for Architecture. 2005. DOI: 10.1007/3-7643-7674-0

11. Flake G.W. The Computational Beauty of Nature. Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems, and Adaptation. Cambridge, MA: MIT Press. 1998.

12. Gladden M.E. A Phenomenological Framework of Architectural Paradigms for the User-Centered Design of Virtual Environments. Multimodal Technologies and Interaction. 2018. N.2 (4). P. 80. DOI:10.3390/mti2040080

13. Inhabitat. The Atlanta Falcons' New Rose-Shaped Stadium Opens and Closes Like a Camera Aperture. Available at: [www.inhabitat.com/atlanta-falcons-new-stadium-uses-kinetic-architecture-to-reflect-rose-petal-roof](http://www.inhabitat.com/atlanta-falcons-new-stadium-uses-kinetic-architecture-to-reflect-rose-petal-roof) (accessed 4 January 2021).

14. Jaskiewicz T. Process-Driven Architecture. Design Techniques and Methods. Paper presented at the Third International Conference of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design "Em'body'ing Virtual Architecture". Alexandria, Egypt. November 28–30. 2007.

15. Jaskiewicz T. Dynamic Design Matter. Practical Considerations for Interactive Architecture. Architecture and Modern Information Technologies. 2008. N. 3 (4).

16. Novak M. Transvergence: Finite and Infinite Minds. In Game Set and Match II: The Architecture Co-laboratory on Computer Games, Advanced Geometries, and Digital Technologies by K. Oosterhuis and L. Feireiss. Rotterdam: Episode Publishers. 2006. P. 396–405.

17. Oosterhuis K., Xia X., Sam E.J. Interactive Architecture. Rotterdam: Episode Publishers. 2008.

18. Pan C.A., Jeng T. Exploring Sensing-Based Kinetic Design for Responsive Architecture. In Proceedings of the 13th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA). Chiang Mai, Thailand. April 9–12. 2008. P. 285–292.

19. Podborschi V., Vaculenco M. Natural Shapes. A Source of Inspiration for Eco-Design. In Product Engineering by D. Talabă and T. Roche. Dordrecht: Springer. 2004. P. 111–120. DOI:10.1007/1-4020-2933-0\_8

20. Rabanus C. Virtual Reality. In Handbook of Phenomenological Aesthetics by H. R. Sepp and L. Embree. Dordrecht: Springer. 2010. P. 343–349. DOI: 10.1007/978-90-481-2471-8\_68

21. Stites R. Revolutionary Dreams. Utopian Vision and Experimental Life in the Russian Revolution. New York: Oxford University Press. 1989.

22. Stoikov V., Gassiy V. Energy Efficiency of Housing as a Tool for Sustainable Development. MATEC Web of Conferences. 2018. P. 251. 03061. DOI: 10.1051/matec-conf/201825103061

23. Strumillo K. Sustainable City – Green Walls and Roofs as Ecological Solution. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering. 2021. P. 1203. 022110. DOI: 10.1088/1757-899X/1203/2/022110

24. Trubiano F. Design and Construction of High-Performance Homes. Building Envelopes. Renewable Energies and Integrated Practice. New York: Routledge. 2013.

25. Wiberg M. Interactive Textures for Architecture and Landscaping. Digital Elements and Technologies. New York: IGI Global. 2011.

Об авторах:

#### **ЗОЛОТАРЕВА Милена Владимировна**

кандидат архитектуры, доцент, доцент кафедры истории и теории архитектуры Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-ая Красноармейская, 4  
E-mail: goldmile@yandex.ru

#### **ZOLOTAREVA Milena V.**

PhD in Architecture, Associate Professor, Associate Professor of the History and Theory of Architecture Chair St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4  
E-mail: goldmile@yandex.ru

#### **ПОНОМАРЕВ Александр Валентинович**

старший преподаватель кафедры истории и теории архитектуры Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-ая Красноармейская, 4  
E-mail: arbi93@yandex.ru

#### **PONOMAREV Alekcander V.**

Senior Lecturer of the History and Theory of Architecture Chair St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4  
E-mail: arbi93@yandex.ru

Для цитирования: Золотарева М.В., Пономарев А.В. Адаптивная архитектура и новые подходы к организации средовых элементов // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 90–98. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.12.

For citation: Zolotareva M.V., Ponomarev A.V. Responsive architecture and new approaches to the organization of environmental elements. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 90–98. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.12.

Н. А. КОСЕНКОВА  
Ю. Н. КАЗАКОВА

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

MODERN TRENDS IN THE DESIGN  
OF TOURIST AND RECREATIONAL COMPLEXES

*Анализируется мировой опыт проектирования и строительства современных туристско-рекреационных зон. Приводятся наиболее известные примеры туристско-рекреационных объектов рубежа XX – XXI вв. Классифицируются похожие временные, стилевые, функциональные и планировочные особенности туристических комплексов. На основании выполненного анализа сделаны выводы о преобладающих тенденциях в проектировании рекреационных зон. Выявлено, что важной концепцией проектирования является минимизация негативного воздействия на среду, сохранение окружающей природы и ее рациональное использование. Также важным и необходимым является проектирование туристско-рекреационных зон многофункционального назначения для туристов и их семей, всесезонная эксплуатация объектов, создание в туристических комплексах целостного художественного облика.*

**Ключевые слова:** туризм, рекреация, туристско-рекреационная зона, сохранение природной среды, архитектурно-планировочное решение, современные тенденции развития

Туристско-рекреационная зона – это вид особой экономической зоны, создаваемой для развития и оказания услуг в сфере туризма и рекреации [1].

Туризм – выезды (путешествия) человека в другую страну или местность, отличную от места постоянного проживания, с любой целью, кроме трудоустройства [2].

Рекреация – комплекс оздоровительных мероприятий, осуществляемых с целью восстановления нормального самочувствия и работоспособности здорового, но утомлённого человека [3].

Мировой уровень качества предоставляемых услуг по туристско-рекреационному отдыху стремительно возрастает. Привычные курорты международного класса теряют свою актуальность, акцентируя свою деятельность только на высокой степени обслуживания и большой площади гостиничных комплексов. Новые тенденции развития зон отдыха вызывают интерес к поиску многофункциональ-

*The world experience of designing and building modern tourist and recreational zones is analyzed. The most famous examples of tourist and recreational facilities of the turn of the XX - XXI centuries are given. Similar temporal, stylistic, functional and planning features of tourist complexes are classified. Based on the performed analysis, conclusions are drawn about the prevailing trends in the design of recreational areas. It is revealed that an important design concept is to minimize the negative impact on the environment, preserve the surrounding nature and its rational use. Also important and necessary is the design of tourist and recreational areas of multifunctional purpose for a wide audience of tourists and their families, the all-season operation of facilities, the creation of a holistic artistic appearance in tourist complexes.*

**Keywords:** tourism, recreation, tourist and recreational zone, preservation of the natural environment, architectural and planning solution, modern development trends

ности и взаимодействия окружающей среды с человеком [4, 5].

В туристско-рекреационных зонах может и должна осуществляться туристская, лечебно-оздоровительная деятельность, т. е. происходить восстановление эмоциональных сил, здоровья и трудоспособности путём отдыха вне городского жилища, на лоне природы [3, 6].

Рассмотрим мировой опыт проектирования зарубежных туристско-рекреационных зон.

**Отель АКА Patagonia** (рис. 1), построенный в 2020 г. архитектурным бюро Pablo Larroulet, расположен в Пуэрто-Наталес, Чили, на верхней части склона, среди хребтов и ледников. Отель включает шесть отдельных жилых модульных зданий и один общий модуль, состоящий из гостиной и кухни. Они ориентированы окнами на окружающие природные ландшафты и максимальное естественное освещение в течение дня. Домики представляют собой отдельные двухместные номера с удобной



### ОТЕЛЬ АКА PATAGONIA

**РАСПОЛОЖЕНИЕ:** ПУЭРТО-НАТАЛЕС, ЧИЛИ

**ГОД:** 2020

**АРХИТЕКТОРЫ:** PABLO LARROULET

**ПЛОЩАДЬ:** 300 м<sup>2</sup>

**НАЗНАЧЕНИЕ:** ОТЕЛЬ, ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМИКИ



Рис.1. Отель АКА Patagonia

ванной. Вся конструкция построена на сваях, чтобы оказывать минимальное воздействие на землю. Такая архитектура становится неотъемлемой частью природы [7].

**Отель Quinta Da Faisca** (рис. 2), построенный архитектурным бюро Carlos Castanheira в 2022 г., находится в Алихо, Португалия. Отель представляет собой четыре отдельных жилых блока, которые могут соединяться между собой. В каждом домике над ванной и кухней есть второй этаж с кроватью, дающий второй свет гостиной, с выходом на улицу. На фасадах и в интерьере максимально использовано дерево: стеновые конструкции, потолки, окна, внешняя облицовка, также присутствуют деликатные металлические вставки [8].

**Отель Bjornson** (рис. 3) построен в Словакии в 2020 г. архитектурным бюро Ark-shelter. Домики представляют собой двухместные номера, которые ориентированы на солнечную сторону и размещены среди деревьев так, чтобы сохранить естественную среду. Также используется высокий приподнятый цоколь для минимального воздействия на землю. Дома состоят из двух независимых модулей, каждый из которых имеет прихожую, ванную, гостиную, спальню и детскую комнату. Возможно соединение отдельных модулей в один, раздвинув перегородку в гостиную, тем самым создав просторное общее пространство. Рядом располагаются здания с рестораном, сауной и комнатой отдыха с массажным кабинетом [9].

**Хижины Mountain&Cloud** (рис. 4) спроектированы и построены архитектурным бюро Advanced Architecture Lab в 2020 в городе Ичан, Китай. Проект состоит из 18 деревянных зданий: гостиничные номера площадью от 35 до 65 м<sup>2</sup>, кафе и бассейн. Деревянные домики уста-

новлены на столбчатом фундаменте, чтобы минимизировать ущерб ландшафту. Некоторые номера имеют камин для более комфортного отдыха. Интерьер выполнен в скандинавском стиле и основан на оригинальной текстуре древесины, чтобы создать естественную природную атмосферу. Общая композиция отеля и территории максимально подчинена рельефу местности и окружающей среде [10].

**Отель Mogan Valley Yimutian** (рис. 5), построенный в 2020 г. архитектурным бюро gad:line+ studio, расположен в городе Хучжоу, Китай, у восточного подножия горы Моган. Общая площадь территории – около 10000 м<sup>2</sup>. На склоне компактно расположена группа небольших зданий, включающих в себя номера для проживания и технические помещения. Ориентируясь на семейный образ жизни, планировка внутреннего пространства разнообразна, чтобы удовлетворить различные потребности каждой семьи. Отель представляет собой максимально естественную, но комфортную жилую среду. Главная цель ландшафтного дизайна – максимально сохранить естественную природную среду [11].

**Культурный центр Flowing Cloud** (рис. 6) спроектирован в 2020 г. архитектурным бюро Sou Fujimoto Architects в городе Ханчжоу, Китай. Проект состоит из четырех отдельных зданий, главное из которых представляет собой открытое пространство для проведения выставок, конференций, и трех жилых домиков. Здания имеют большие оконные проемы, открывающие прекрасные виды на горные пейзажи. На территории отеля спроектирован легкий навес, напоминающий облако. Навес начинается от главного здания и заканчивается у берега реки, что создает ощущение непрерывности, есте-



Рис. 2. Отель Quinta Da Faísca



Рис.3. Отель Bjornson



Рис.4. Хижины Mountain&Cloud



Рис. 5. Отель Mogan Valley Yimutian



Рис. 6. Культурный центр Flowing Cloud

ственности и слияния с окружающей природой. Идея проекта была навеяна самим местом, особенно туманами и облаками, рассеивающимися над деревней [12].

**Отель Fuchsegg Lodge** (рис. 7) построен в Австрии в 2020 г. архитектурным бюро Ludescher + Lutz Architekten. Основная концепция отеля – способствовать единению с природой. Здания похожи друг на друга, ориентированы по рельефу, не образуют улиц и не имеют ограждений. Этот простой, естественный дизайн вдохновлен самой окружающей природой. Авторы создали максимально комфортное пространство для отдыха и спокойной расслабленной жизни в окружении прекрасных пейзажей [13].

**Загородный отель Sobreiras** (рис. 8), построенный архитектурным бюро FAT в 2015 г., находится в Алентежу, Португалия. Участок площа-

дью около 25 га расположен на высоте 200 м над уровнем моря среди оливковых деревьев и пышной растительности. Комплекс проектировался среди уже существующих деревьев, чтобы минимизировать вред окружающей среде. Основной главный объем, общественный, состоит из ресепшена и зоны отдыха, помещений для персонала, технических, складских и сервисных функций. Остальные здания – гостиничные номера с террасами. Дизайн отеля простой, ориентированный на местный ландшафт. Деревянные бревна на белых фасадах создают единую среду с окружающим ландшафтом. Цель проекта – сохранить и поддерживать окружающую среду, взяв ее за основу [14].

**Проект хижин 11 Cabins** (рис. 9) был создан в 2021 г. архитектурным бюро Fernando Guerra | FG+SG в Альваренга, Португалия. Учитывая неровность и удаленность этого участка,



### ОТЕЛЬ FUCHSEGG LODGE

**РАСПОЛОЖЕНИЕ:** АВСТРИЯ

**ГОД:** 2020

**АРХИТЕКТОРЫ:** LUDESCHER + LUTZ ARCHITEKTEN

**ПЛОЩАДЬ:** 9846 м<sup>2</sup>

**НАЗНАЧЕНИЕ:** ОТЕЛЬ, РЕСТОРАН



Рис. 7. Отель Fuchsegg Lodge



### ЗАГОРОДНЫЙ ОТЕЛЬ SOBREIRAS

**РАСПОЛОЖЕНИЕ:** АЛЕНТЕЖУ, ПОРТУГАЛИЯ

**ГОД:** 2015

**АРХИТЕКТОРЫ:** FAT

**ПЛОЩАДЬ:** 2500 м<sup>2</sup>

**НАЗНАЧЕНИЕ:** ОТЕЛЬ, ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМИКИ

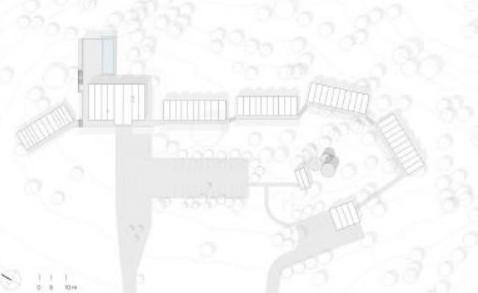


Рис. 8. Загородный отель Sobreiras



### ХИЖИНЫ 11 CABINS

**РАСПОЛОЖЕНИЕ:** АЛЬВАРЕНГА, ПОРТУГАЛИЯ

**ГОД:** 2021

**АРХИТЕКТОРЫ:** SUMMARY

**ПЛОЩАДЬ:** 512 м<sup>2</sup>

**НАЗНАЧЕНИЕ:** ОТЕЛЬ, ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМИКИ



Рис. 9. Хижины 11 Cabins

были использованы сборные конструкции как единственный эффективный способ для строительства в таких непростых условиях. Комплекс состоит из одиннадцати небольших домиков, включающих гостиничные номера площадью от 28 до 58 м<sup>2</sup>. Они распределены по участку в соответствии с естественным рельефом, как можно меньше нарушая его. Сочетание такого, казалось бы, произвольного расположения с различной ориентацией позволило домам не загораживать вид друг на друга, на окружающие лес и реку [15].

**Вывод.** В результате рассмотренного мирового опыта проектирования и строительства современных туристско-рекреационных зон рубежа XX – XXI вв. выявляется тенденция взаимосвязи функционально-планировочного решения, пространственной структуры зданий и ландшафтной организации. В ходе исследования установлено, что основные тенденции развития современных туристско-рекреационных зон следующие:

- поиск рациональных методов объемно-пространственных и планировочных решений с исключением негативного экологического влияния на окружающую среду;
- сохранение и рациональное использование окружающей среды;
- проектирование туристско-рекреационных зон с многофункциональным назначением для отдыха широкого круга посетителей;
- направленность на круглогодичное функционирование, гармоничную архитектуру.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федорова Ю.Н. Типология туристских объектов на основе использования историко-архитектурного наследия: на примере Пензенской области: дис. ...к.арх. М., 1998. 192 с.
2. 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. № 3. С. 154–162. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.22.
3. Вавилонская Т.В., Салейкина Ю.В. Принципы проектирования туристско-рекреационных комплексов в условиях свободной экономической зоны // Градостроительство и архитектура. 2014, № 2. С. 6–12. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.02.1.
4. Морозова Н.В. Принципы и приемы архитектурного формирования прибрежных рекреационных комплексов в горных ландшафтах: автореф. ...к. арх. Екатеринбург, 2012. 25 с.
5. Лукьянова Л. Г. Рекреационные комплексы. Киев, 2004. 347 с.
6. Вавилова Т.Я., Чакина И.С. Перспективы развития объектов инфраструктуры экологического

туризма на особо охраняемых природных территориях // Градостроительство и архитектура. 2016. № 3. С. 97–102. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.03.16.

7. Отель АКА Patagonia [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/938846/aka-patagonia-hotel-pablo-larroulet?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/938846/aka-patagonia-hotel-pablo-larroulet?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (дата обращения: 10.10.2022).

8. Отель Quinta Da Faisca [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/988708/quinta-da-faisca-tourist-accomodation-carlos-castanheira?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/988708/quinta-da-faisca-tourist-accomodation-carlos-castanheira?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (дата обращения: 10.10.2022).

9. Домики для отеля Bjornson [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/959536/shelters-for-hotel-bjornson-ark-shelter?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/959536/shelters-for-hotel-bjornson-ark-shelter?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (дата обращения: 10.10.2022).

10. Хижины Mountain&Cloud [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/947707/wiki-world-mountain-and-cloud-cabins-wiki-world-plus-advanced-architecture-lab-aal?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/947707/wiki-world-mountain-and-cloud-cabins-wiki-world-plus-advanced-architecture-lab-aal?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (дата обращения: 10.10.2022).

11. Отель Mogan Valley Yimutian [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/959432/mogan-valley-yimutian-gad-star-line-plus-studio?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/959432/mogan-valley-yimutian-gad-star-line-plus-studio?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (дата обращения: 10.10.2022).

12. Культурный центр Flowing Cloud [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/980233/flowing-cloud-pavilion-sou-fujimoto-architects?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/980233/flowing-cloud-pavilion-sou-fujimoto-architects?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (дата обращения: 10.10.2022).

13. Отель FuchseggLodge [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/967750/fuchsegg-lodge-hotel-ludescher-plus-lutz-architekten?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/967750/fuchsegg-lodge-hotel-ludescher-plus-lutz-architekten?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (дата обращения: 10.10.2022).

14. Загородный отель Sobreiras [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/778503/sobreiras-nil-alentejo-country-hotel-fat-future-architecture-thinking?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/778503/sobreiras-nil-alentejo-country-hotel-fat-future-architecture-thinking?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (дата обращения: 10.10.2022).

15. Проект хижин 11 Cabins [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/984820/paradinha-11-cabins-in-the-woods-summary?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/984820/paradinha-11-cabins-in-the-woods-summary?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (дата обращения: 10.10.2022).

## REFERENCES

1. Fedorova Y.N. *Tipologiya turistsskikh ob'ektov na osnove ispol'zovaniya istoriko-arkhitekturnogo naslediya: na primere Penzenskoy oblasti. Cand, Diss.* [Typology of tourist sites based on the use of historical and architectural heritage: the example of the Penza region. Cand. Diss.]. Moscow, 1998. 192 p.

2. Lutchenko S.I., Kornya E.A. Design code as a cultural parameter for the preservation of historical heritage in places of active development of tourism and recreation. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban planning and architecture], 2022, no. 3, pp. 154–162. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.22

3. Vavilonskaya T.V., Saleikina Y.V. Principles for designing tourist and recreational complexes in a free economic zone. *Journal Vestnik SGASU*, 2014, no. 2, pp. 6-12. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2014.02.1

4. Morozova N.V. *Printsiipy i priemy arkhitekturnogo formirovaniya pribrezhnykh rekreatsionnykh kompleksov v gornyykh landshaftakh. Avtoreferat. Cand, Diss.* [Principles and techniques of architectural formation of coastal recreational complexes in mountain landscapes. Author's abstract. Cand. Diss.]. Ekaterinburg, 2012. 25 p.

5. Lukyanova L. G. *Rekreatsionnye komplekсы* [Recreational complexes]. Kyiv, 2004. 347 p.

6. Vavilova T.Y., Chakina I.S. Prospects for the Development of Ecological Tourism Infrastructure Facilities in Specially Protected Natural Areas. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban planning and architecture], 2016, no. 3, pp. 97–102. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2016.03.16

7. Hotel AKA Patagonia. Available at: [https://www.archdaily.com/938846/aka-patagonia-hotel-pablo-larroulet?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/938846/aka-patagonia-hotel-pablo-larroulet?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (accessed 10 October 2022).

8. Hotel Quinta Da Faisca. Available at: [https://www.archdaily.com/988708/quinta-da-faisca-tourist-accomodation-carlos-castanheira?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/988708/quinta-da-faisca-tourist-accomodation-carlos-castanheira?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (accessed 10 October 2022).

9. Houses for the Bjornson hotel. Available at: [https://www.archdaily.com/959536/shelters-for-hotel-bjornson-ark-shelter?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/959536/shelters-for-hotel-bjornson-ark-shelter?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (accessed 10 October 2022).

10. Huts Mountain & Cloud. Available at: [https://www.archdaily.com/947707/wiki-world-mountain-and-cloud-cabins-wiki-world-plus-advanced-architecture-lab-aal?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/947707/wiki-world-mountain-and-cloud-cabins-wiki-world-plus-advanced-architecture-lab-aal?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (accessed 10 October 2022).

11. Hotel Mogan Valley Yimutian. Available at: [https://www.archdaily.com/959432/mogan-valley-yimutian-gad-star-line-plus-studio?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/959432/mogan-valley-yimutian-gad-star-line-plus-studio?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (accessed 10 October 2022).

12. Cultural Center Flowing Cloud. Available at: [https://www.archdaily.com/980233/flowing-cloud-pavilion-sou-fujimoto-architects?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/980233/flowing-cloud-pavilion-sou-fujimoto-architects?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (accessed 10 October 2022).

13. Hotel Fuchsegg Lodge. Available at: [https://www.archdaily.com/967750/fuchsegg-lodge-hotel-ludescher-plus-lutz-architekten?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/967750/fuchsegg-lodge-hotel-ludescher-plus-lutz-architekten?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (accessed 10 October 2022).

14. Country hotel Sobreiras. Available at: [https://www.archdaily.com/778503/sobreiras-nil-alentejo-country-hotel-fat-future-architecture-thinking?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/778503/sobreiras-nil-alentejo-country-hotel-fat-future-architecture-thinking?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (accessed 10 October 2022).

15. The project of huts 11 Cabins. Available at: [https://www.archdaily.com/984820/paradinha-11-cabins-in-the-woods-summary?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/984820/paradinha-11-cabins-in-the-woods-summary?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (accessed 10 October 2022).

Об авторах:

**КОСЕНКОВА Наталья Алексеевна**

кандидат архитектуры, доцент кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия Самарский государственный технический университет  
443100, Россия, г. Самара,  
ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: kosenkovana@mail.ru

**KOSENKOVA Natalya Al.**

PhD in Architecture, Associate Professor of the Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair Samara State Technical University  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244  
E-mail: kosenkovana@mail.ru

**КАЗАКОВА Юлия Николаевна**

архитектор  
ООО «АнтенМед»  
443110, Россия, г. Самара, ул. Лесная, 23  
E-mail: mrsyuliya@mail.ru

**KAZAKOVA Yulia N.**

Architect  
AntenMed LLC  
443110, Russia, Samara, Lesnaya str., 23  
E-mail: mrsyuliya@mail.ru

Для цитирования: Косенкова Н.А., Казакова Ю.Н. Современные тенденции проектирования туристско-рекреационных комплексов // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 99–105. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.13.

For citation: Kosenkova N.A., Kazakova Yu.N. Modern trends in the design of tourist and recreational complexes. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 99–105. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.13.

**А. В. ЛИСИЦЫНА****МАЛЫЕ И СРЕДНИЕ ГОРОДА НИЖЕГОРОДСКОГО ПОВОЛЖЬЯ:  
В ПОИСКАХ УТРАЧЕННОЙ ГАРМОНИИ. ЧАСТЬ 1**SMALL AND MEDIUM TOWNS OF NIZHEGORODSKOE POVOLZHIE REGION:  
IN SEARCH OF THE LOST HARMONY. PART 1

Современный мир характеризует бинарная оппозиция глобализации и регионализации. Размывание национальной и региональной идентичности, исторических традиций, культурной преемственности, ставшее обратной стороной мировой интеграции, активизирует научные исследования, посвященные отдельным регионам. В статье освещаются вопросы формирования историко-архитектурной среды малых и средних городов Нижегородского Поволжья в конце XVIII – начале XX в. и ее дальнейшего преобразования. Историко-архитектурная среда, трактуемая как феномен архитектурно-градостроительной культуры региона, рассматривается в контексте актуальных историко-теоретических проблем архитектуры и градостроительства: проблемы традиций и новаций; проблемы массового и уникального; проблемы стиля и образа; проблемы глобального и идентичного. В первой части статьи анализируются свойства историко-архитектурной среды, обусловившие ее визуальную гармоничность в начале XX в.

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

Понятие историко-архитектурной среды (ИАС) сегодня используется очень широко. Так называют городскую среду, запечатлевшую в своем архитектурном облике ход исторического развития населенного места, характеризующую присутствием модуса прошедшего времени, т. е. имеющую следы прошлого [1]. В материальном, предметно-пространственном аспекте историко-архитектурная среда – это совокупность зданий и сооружений, открытых городских пространств, планировочной структуры, ландшафта и природного окружения.

В общем культурном контексте средовой проблематики, характерной для постмодернистской картины мира, интерес к ИАС остается высоким. Вопросы ее изучения тесно связаны со спецификой культурного наследия малых и средних городов, которое далеко не всегда включает знаковые памятники истории и культуры; чаще всего своеобразие таких городов определяет целостная ИАС. Малые и средние

The modern world is characterized by a binary opposition of globalization and regionalization. The erosion of national and regional identities, historical traditions, and cultural continuity has become the reverse side of world integration. In this regard, scientific research devoted to individual regions is being activated. The article highlights historical and architectural environment of small and medium-sized towns in the Nizhegorodskoe Povolzhie region, its formation in the late 18th – early 20th centuries and its further transformation. The historical and architectural environment is interpreted as a phenomenon of the region architectural and urban culture. It is considered in the context of topical historical and theoretical problems of architecture and urban planning: problem of traditions and innovations; problem of mass and unique; problem of style and image; problem of global and identical. The first part of the article analyzes the properties of the historical and architectural environment that determined its visual harmony at the beginning of the 20th century.

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

города целесообразно рассматривать в рамках сложившихся систем расселения или крупных историко-культурных регионов. Оптимальным «полигоном» для подобного исследования является Нижегородское Поволжье – историко-культурный регион, включающий систему городов и поселений, объединенных физико-географическими, историческими, хозяйственно-экономическими, этнокультурными факторами, с центром в Нижнем Новгороде, крупнейшем нестоличном городе Европейской России на слиянии великих рек Волги и Оки.

Обширная территория Нижегородского Поволжья включает более двадцати малых и средних городов, в той или иной степени сохранивших ИАС. К началу XX в. архитектурный облик данных городов обладал целостностью и эстетической выразительностью. Мы имеем возможность убедиться в этом благодаря искусству фотографии, необычайно популярному в то время. Как отмечает В.Б. Махаев, «в эпоху

позитивизма фотография стала объективным свидетельством, ее ценность заключалась в документальной подлинности снимка» [2, с. 224]. Фотографические виды городов и поселений Нижегородского Поволжья начала XX в. необычайно информативны – они достоверно отражают веками сложившийся облик российской провинции. При этом нельзя не отметить гармоничность и красоту запечатленных на снимках архитектурных пейзажей. Однако на протяжении последующих ста лет картина коренным образом меняется. Происходит быстрый и необратимый процесс эстетической деградации ИАС, малые и средние города теряют своеобразный архитектурный облик, практически не получая взамен адекватных по художественному уровню произведений современной архитектуры.

Архитектурная среда города всегда является отражением жизненного уклада, социально-экономической политики, культурных традиций, идеологических норм общества. Для каждой исторической эпохи характерны свои ориентиры формирования архитектурной среды. Обрисовывая их, оперируют, как правило, понятиями гармоничности, ансамблевости, композиционного и стилевого единства. Автор статьи ставит перед собой двойственную цель: во-первых, выявить принципиальные свойства ИАС, определявшие ее визуальную гармоничность и высокие эстетические качества к началу XX столетия, и, во-вторых, установить причины разрушения этой гармоничности в XX – начале XXI в.

Объект исследования – историко-архитектурная среда малых и средних городов Нижегородского Поволжья. Предмет исследования – исторический процесс формирования и развития ИАС. Границы исследования: временные – конец XVIII – начало XXI в.; географические – территория Нижегородского Поволжья; категориальные – малые и средние города (современная численность населения соответственно до 50 тыс. человек, до 100 тыс. человек).

Обозначим гипотезу исследования. Процесс формирования ИАС как целостной системы начался для городов Нижегородского Поволжья в конце XVIII столетия в связи с их преобразованием на регулярной основе. К началу XX в. в ходе поступательного, эволюционного развития ИАС достигла этапа расцвета, характеризуемого оптимальным балансом градостроительных компонентов каркаса и ткани. С началом советского периода ИАС вступила в фазу инволюционного преобразования, сопровождавшегося неуклонной, поэтапной эстетической деградацией, которая продолжается вплоть до настоящего времени.

Научный контекст исследования составляют труды российских ученых. Вопросы, связан-

ные с осмыслением социальной и культурной ценности ИАС в современном мире, рассматриваются автором в свете идей, высказанных в трудах И.А. Бондаренко, А.Л. Гельфонд, А.Э. Гутнова, Г.В. Есаулова, А.В. Иконникова, В.Л. Хайта, А.С. Щенкова. В основе авторского взгляда на формирование ИАС – фундаментальные коллективные издания «Русское градостроительное искусство» и «Градостроительство России середины XIX – начала XX в.», обобщающие труды Е.А. Борисовой, Н.Ф. Гуляницкого, Е.И. Кириченко, М.В. Нащокиной по истории российской архитектуры и градостроительства XVIII – начала XX в., работы Г.Н. Айдаровой, В.Б. Махаева, О.В. Орельской, С.М. Шумилкина по архитектурно-градостроительной культуре регионов Среднего Поволжья. Процесс формирования и развития ИАС малых и средних городов Нижегородского Поволжья всесторонне исследован в докторской диссертации автора статьи, защищенной в 2020 г.

Исследование базируется на следующих методологических принципах:

- принцип многообразия в единстве, предполагающий взгляд на совокупность изучаемых городов как на целостную территориальную систему;
- принцип контекстуальности, который коррелируется со средовыми теориями и предполагает рассмотрение городов Нижегородского Поволжья в широком контексте развития архитектуры в географическом пространстве России;
- принцип регионального своеобразия, предполагающий известные отличия в градостроительной культуре регионов, обусловленные географическими, экономическими, культурными, этническими факторами;
- принцип комплексного анализа, предполагающий всестороннее рассмотрение объекта исследования в различных аспектах – историческом, территориальном, деятельностном, функциональном, градостроительном, архитектурном, ценностном, культурологическом;
- принцип хронологической последовательности, предполагающий изложение материала в соответствии с историческими периодами и их сменой.

Всестороннее изучение литературных, архивных, картографических, иконографических источников в совокупности с натурными исследованиями позволило провести аналитическую реконструкцию ИАС городов Нижегородского Поволжья на начало XX в. и проследить процессы ее преобразования на протяжении следующего столетия.

Доктор филологических наук Н.В. Морхин определяет Нижегородское Поволжье как историко-культурный регион, территорию,

которая в силу своей хозяйственной жизни, транспортных связей и традиционной культуры объективно концентрировалась вокруг центра крупной административной единицы страны – Нижнего Новгорода [3]. Термин «Нижегородское Поволжье» (наряду с аналогичными по смыслу понятиями, «Казанское Поволжье», «Самарское Поволжье», «Костромское Поволжье») указывает на физико-географическую принадлежность территорий и акцентирует внимание на крупных городских центрах с исторически сложившимися зонами влияния. Обратим внимание, что рассмотрение территорий в конкретных административных границах (губерний, областей) при этом не предполагается. Историко-культурным регионам свойственна экстерриториальность, т. е. превалирование экономических, географических, этнокультурных факторов над административными. Административные границы далеко не всегда тождественны границам культурных явлений; они подвижны во времени и поэтому в какой-то мере условны. В связи с этим территория Нижегородского Поволжья трактуется более широко, чем территория Нижегородской области в ее современных границах.

В конце XVIII – начале XX в. каждый из рассматриваемых городов Нижегородского Поволжья имел определенный административный статус, который сохранялся неизменным вплоть до советского периода. В соответствии с этим статусом города разделены на две группы. В первую включены уездные города, официальные административные центры уездов – территориальных единиц, из которых состояли губернии. Уездные города представлены двумя типами: «старинные», являвшиеся центрами уездов еще в XVI–XVII вв. (Алатырь, Арзамас, Балахна, Гороховец, Касимов, Кинешма, Козьмодемьянск, Муром, Юрьевец, Ядрин), и «новые», созданные лишь в 1778–1779 гг. на основе сельских поселений (Ветлуга, Вязники, Горбатов, Семенов). Вторую группу составляют негородские поселения, среди которых преобладали крупные торгово-промышленные села, принадлежавшие помещикам. Здесь также имелись два типа: первый – с преобладающим развитием торговли (Городец, Лысково), второй – с исторически сложившейся производственной специализацией (Богородское, Большое Мурашкино, Павлово, Юрино). Самостоятельный тип в этой группе составляли заводские поселки Приокского горного округа (Выксунские заводы).

Поскольку ИАС обладает всеми признаками системы, ее функционирование правомерно описывать понятиями состояния, развития, жизненного цикла. Жизненный цикл ИАС как

феномена материальной культуры определяется согласованным существованием и взаимодействием базовых составляющих городской среды – каркаса и ткани (оба понятия введены в научный оборот А.Э. Гутновым и И.Г. Лежавой) [4, с. 90]. ИАС складывается в ходе длительного поступательного развития во времени, последовательных градостроительных процессов. Города Нижегородского Поволжья имеют древнюю историю. Большинство из них основано в XVI в., после покорения Казанского ханства, а некоторые (Муром, Городец, Гороховец, Юрьевец) появились гораздо раньше. Жизненный цикл Средневековья в развитии их ИАС завершился к концу XVIII в. Однако отдельные, наиболее устойчивые компоненты – природный ландшафт, основные градостроительные направления и узлы, фрагменты нерегулярной планировочной структуры, церковные и монастырские ансамбли, первые гражданские каменные здания – сохранились и перешли в следующий жизненный цикл Нового и Новейшего времени. Начало формирования ИАС как целостной системы связано с губернской реформой Екатерины II (1775 г.) и преобразованием российских городов на регулярной основе, а конец – с революционными событиями 1917 г. В этих временных рамках выделены два продолжительных по времени периода: дореформенный («административный») (1779–1870 гг.) и пореформенный («экономический») (1870–1917 гг.). В каждом из периодов имеется сравнительно короткий завершающий этап, являющийся переходным: время «Великих реформ» Александра II (1858–1870 гг.) и *Fin de siècle*, «рубеж веков» (1896–1917 гг.).

В градостроительстве дореформенный период характеризовался преимущественным развитием каркаса, т. е. радикальным преобразованием существующей или формированием новой регулярной планировочной структуры. Городской каркас, в основном сложившийся к середине XIX в., создавался тремя путями: в негородских поселениях продолжалось его естественное «стихийное» развитие на существующей ландшафтной основе; в «новых» уездных городах имела место последовательная реализация проекта (регулярного «конфирмованного» плана); в «старинных» уездных городах проект адаптировался к сложившейся градостроительной ситуации, с учетом наследия прошлого. На этом этапе полностью исчезли древние деревоземляные укрепления, утратившие свою оборонительную роль. За счет активного строительства каменных церковных комплексов сформировался архитектурный силуэт городов. Но городская ткань, представленная малоэтажной деревянной застройкой, оставалась недолговеч-

ной и нестабильной. Пореформенный период, озаменованный развитием капиталистических отношений, техническим прогрессом, ростом значимости средних слоев общества, напротив, характеризовало обновление застройки, повышение ее капитальности, другими словами – активное формирование городской ткани. В это время складывалась сравнительно плотная каменная и каменно-деревянная застройка главных улиц и площадей, возникали новые типы жилых и общественных зданий, появлялись относительно крупные промышленные предприятия, обладавшие собственной выразительной эстетикой. Городской каркас при этом оставался практически неизменным и лишь наращивался по мере необходимости.

В архитектуре дореформенный период соответствовал классицизму, пореформенный – эклектике. Оба периода характеризовались типологической, морфологической и стилевой стабильностью, которая нарушалась лишь на завершающих, переходных этапах. Устойчивой тенденцией являлось постепенное расширение типологии жилых, общественных и промышленных зданий, увеличение морфологического разнообразия, как на уровне объемной и фронтальной композиции зданий, так и на уровне архитектурных деталей. При этом достижения предыдущего периода не отрицались; произведения в формах эклектики и модерна лишь обогащали классицистический город. Параллельно, в архитектуре и градостроительстве уже происходили модернизационные процессы, которые создали условия для преобразования ИАС в Новейшее время [1].

*Fin de siècle*, «рубеж веков», определяемый как этап наиболее полного и гармоничного развития ИАС, характеризуется целостностью и определенной законченностью. Правоммерно говорить об этом времени как о моменте расцвета, обусловленном длительным эволюционным развитием предыдущих столетий. Формирование ИАС в границах, заданных генеральными планами конца XVIII – начала XIX в., в общих чертах было завершено.

С последовательным, поступательным развитием, потребовавшим большого отрезка времени, неразрывно связано важное свойство ИАС, составляющее основу ее гармоничности – разумный баланс главного и второстепенного, уникального, специфического и рядового. Академик И.А. Бондаренко размышляет о жизненной среде как о многосложной иерархической целостности, суть которой «не в застывшем мгновении прекрасного, а в жизнеутверждающем взаимодействии всех участников некой пульсирующей и становящейся органической общности... Признаки скомпонованности и ансамблевого единения

здесь присутствуют, но в очень разных градациях, они то зарождаются, проявляются и расцветают, то деградируют, заухают, сходят совсем на нет» [5, с. 118]. Ученый отмечает, что иерархическая неоднородность городской ткани, укорененная в древнерусском градостроительстве, была залогом ее жизнестойкости, гибкости, способности к органичному развитию и являла собой пример не абсолютной, а относительной гармонии [6, с. 535]. В таком контексте особую роль приобретало выстраивание иерархических цепочек (в противовес сопоставлению противоположностей), уместность каждого элемента, сообразная в каждом случае мера выразительности, типичности, необычности [5, с. 118]. Иерархическая организация доминантных, акцентных и фоновых элементов была особенно наглядной в малом или среднем городе, компактном, обозримом, собранном вокруг единого центра. Такой город являл собой цельный и сбалансированный организм.

Стройная в своем единстве система ИАС городов Нижегородского Поволжья – не результат осуществления единого законченного проекта; это итог длительного процесса, в ходе которого менялись конкретные задачи, но сохранялась общая идея, заданная генеральным планом. Процесс формирования ИАС сочетал в себе предопределенность и спонтанность. Основной градостроительный замысел воплощался постепенно (чему способствовал и невысокий экономический уровень), с учетом меняющейся ситуации и новых потребностей. Первоначальная концепция последовательно дополнялась и уточнялась. Но при этом «город во всей своей противоречивой сложности произведением искусства все же не был» [7, с. 126]. В его среде сосуществовали церковные и монастырские комплексы, ансамбли застройки главных площадей и улиц с представительной каменной застройкой, сплошь деревянные бедняцкие окраины, территории хозяйственного использования, имевшие невыразительный облик. Индивидуальный образ города формировали наиболее значимые архитектурные объекты, занимавшие ключевые позиции и воспринимаемые в совокупности. Составляя сравнительно небольшой процент построек, они привлекали к себе внимание и именно с ними идентифицировалось архитектурное своеобразие города. Массовая же застройка, не обладая выдающимися художественными достоинствами, создавала для них целостный нейтральный фон, оптимальный по масштабу и образным характеристикам. Такое построение придавало ИАС осмысленность, структурность, упорядоченность.

В сравнении с крупными городами, малые и средние имели еще одно отличительное

свойство: их ИАС была полем активного взаимодействия «городской» и «сельской» градостроительных культур, «высокой» стилиевой архитектуры и «низового» народного зодчества, академического искусства и крестьянских художественных промыслов.

Концепция культурно-экологической таксономии академика Г.В. Есаулова предполагает классифицирование архитектурно-градостроительного наследия и актуальной архитектурной культуры по трем глобальным, синхронно развивающимся пластам: профессиональное стилиевое творчество, народное зодчество, «архитектура без архитектора» или «третий пласт» – массовая архитектура, тесно связанная с культурой «повседневности». Триединство этих составляющих, их баланс на каждом этапе истории и формирует городскую среду [8, с. 36]. В малых и средних городах профессиональное стилиевое творчество было представлено лишь единичными произведениями. Участие архитекторов-профессионалов в формировании ИАС было минимальным и во многом опосредованным – через образцовые проекты, увражи, альбомы. Подавляющее большинство жилых и общественных зданий создавалось силами потомственных квалифицированных мастеров-подрядчиков, практиковавших артельный метод строительства. Как подрядчики, так и рядовые работники были крестьянами, не прошедшими специального обучения искусству зодчества. Однако при этом их ни в коей мере нельзя считать дилетантами, поскольку строительством они занимались вполне профессионально, являясь носителями живой традиции, передававшейся от отца к сыну, от мастера к помощнику, подмастерью. Профессиональное обучение осуществлялось на основе коллективного метода работы, предполагавшего существование канонов, повторность и вариативность, т. е. черты, характеризующие народное искусство. Законы народного искусства – традиционность, коллективность, связь с бытом – прослеживаются в деятельности крестьянских мастеров-строителей, работавших в уездных городах и крупных торгово-промышленных селах. Их творчество правомерно рассматривать как городскую разновидность народного зодчества, с присущими ему качествами: опорой на традиции, кустарно-ремесленными технологиями, коллективным методом работы [9, с. 374-375]. Несмотря на определенную консервативность и приверженность традиции, народное зодчество XVIII–XIX вв. не было застывшим, бесконечно воспроизводящим себя явлением; оно развивалось, и в том числе, через неизбежные и все более тесные контакты со стилиевой архи-

тектурой. Городская среда как поле взаимодействия народного (традиционного) и стилиевого (новационного) демонстрирует генеральный, стратегический вектор этого процесса, направленный на вытеснение стилиевым зодчеством народного. Данный тезис коррелирует с выводом Е.И. Кириченко о тесном сближении и взаимопроникновении стилиевой (городской) и народной (сельской) архитектуры [10, с. 151]. К середине XIX в. крестьянское зодчество древнерусского типа, как целостное синтетичное явление, ушло в прошлое; процесс ассимиляции крестьянским строительством норм стилиевой архитектуры завершился. Народное зодчество села, деревни стало сопоставимым со стилиевой архитектурой города, сохраняя при этом свою специфику [11, с. 126, 128].

Вышеизложенное хорошо соотносится с ИАС малых и средних городов именно в силу присутствия составляющей народного зодчества. Результатом его взаимодействия со стилиевой архитектурой стал «третий пласт», к которому в большинстве своем относится историческая застройка. Такую анонимную архитектуру, «архитектуру без архитектора», характеризовали высокие эстетические качества (вплоть до самых небольших и скромных зданий). Значение традиции в формировании этой синтетичной целостности переоценить сложно. Именно традиционные подходы и методы определяли устойчивость морфологической, типологической и конструктивной основы зданий. Новаторство же проявлялось в смене фасадных «одежд», приобретавших черты актуальных стилиевых направлений, заимствованных, как правило, из архитектуры ближайших крупных городов. Если условно трактовать сельскую культуру как оплот традиций, а городскую – как источник новаций, то ИАС малых и средних городов была особым «пограничным» явлением, где взаимодействие «городского» и «сельского» создавало специфический неразделимый сплав. Итак, взаимодействие традиционного народного зодчества, адаптированного к запросам и потребностям активно формировавшейся городской ткани, и «высокой» стилиевой архитектуры обусловило преобладание в ИАС изучаемых городов «третьего пласта», анонимной массовой архитектуры.

ИАС малых и средних городов – феномен провинциальной градостроительной культуры. В некотором смысле это квинтэссенция «провинциального» как противоположности «столичного». Еще в XVIII в. классицистическое имперское мировоззрение сформировало великодержавную иерархическую вертикаль: столица – губернский город – уездный город – село – деревня. С тех пор всё, заслуживающее внимания в провинциальной культуре, начали

сравнивать со столичными образцами, подразумевая, что именно последние являются эталонами («не хуже, чем в столице»).

Механизм распространения архитектурных новаций можно сравнить с эффектом кругов, расходящихся по воде от брошенного камня. Вначале все новое реализовалось в Санкт-Петербурге и Москве (которые имели тесные культурные связи с Европой), затем проникало в архитектуру губернских городов (таких как Нижний Новгород) и уже отсюда распространялось по уездным городам и селам. Этот процесс характеризовался, с одной стороны, подменой глубинной сути новаций внешними признаками, имеющими характер моды, и с другой – видоизменением заимствованных образцов под влиянием местных условий климата, экономики, строительных и художественных традиций. Поэтому архитектура российской провинции была весьма далека от столичных прототипов. В конце XVIII – первой половине XIX в. здесь господствовал провинциальный классицизм, ориентированный на самые простые и скромные образцовые проекты, которые воспроизводились в традиционных материалах и нередко – в упрощенном виде. Архитектуру же второй половины XIX – начала XX в. правомерно называть провинциальной эклектикой, так как для выбора стилиевой направленности использовались не исторические образцы, а современные архитектурные объекты, появляющиеся в столицах и крупных городах [12, с. 41]. Отметим и такие принципиальные черты провинциальной архитектуры как инерционность в развитии, размытость отдельных стилиевых направлений, одновременность их существования. Так, в изучаемых городах классицизм сохранялся до 1870-х гг., а поздняя эклектика часто не оставляла места проявлениям модерна и ретроспективизма. По сравнению с большими городами, развитие архитектуры было более плавным, без резких перемен и крутых поворотов. Как отмечает искусствовед Д.П. Шульгина, «в провинции идет эволюционный процесс, захватывающий и новые веяния, и местные традиции» [13, с. 50].

ИАС изучаемых городов, сложившаяся к началу XX в., отражала разнородные культурные влияния – субрегиональные, межрегиональные, дистанционные. Важнейшим фактором влияния выступал сам Нижний Новгород, центр территориально-пространственной системы Нижегородского Поволжья. Редкое по значимости географическое положение на слиянии великих рек Волги и Оки, важных торговых и транспортных артерий, издревле сделало Нижний Новгород мощным фокусом притяжения для окружающих территорий. В 1817 г.

добавился еще один немаловажный фактор – крупнейшая в России Макарьевская (Нижегородская) ярмарка. В середине XIX в. Нижний Новгород превратился в один из самых крупных торгово-промышленных центров Поволжья и всей Европейской России. Эту региональную специфику поддерживали и окружающие город крупные торгово-промышленные села, население которых жило за счет торговли и кустарных промыслов (слесарное, кожевенное, овчинно-скорняжное, войлочное, деревообрабатывающее и др.).

Исторически Нижегородское Поволжье представляло собой «переходную зону», расположенную на стыке исконно русских земель (владимирских, костромских, рязанских) и колонизированных территорий с нерусским населением (мордва, марийцы, чуваша, татары). Особенно выпукло эта «пограничность» проявлялась в Средние века: с одной стороны, существовала русская православная культура Владимиро-Суздальских земель, а с другой – исламская культура Волжской Булгарии и Казанского ханства. Эта региональная специфика запечатлена в территориальной структуре Нижегородского Поволжья с неравномерным развитием западной и восточной части, а также в особенностях архитектуры. Периферийные территории региона представляли собой «контактные зоны» различных субэтнических, субкультурных и субконфессиональных общностей.

В начале XX в. ИАС малых и средних городов Нижегородского Поволжья, являясь типичной для Европейской России, в то же время обладала региональным архитектурным своеобразием, встраиваясь в контекст архитектурно-градостроительной культуры региона (понятие введено в научный оборот Г.Н. Айдаровой) [14, с. 121–122]. В природно-экологическом аспекте важнейшими факторами своеобразия являлись контрастные орографические характеристики Приволжской возвышенности и Заволжской низменной равнины, разделенных Волгой и Окой, сложный пересеченный рельеф волго-окского правобережья с живописными овражно-балочными территориями, просматриваемость водных пространств, включающихся в архитектурные пейзажи. В градостроительном аспекте отметим наличие населенных мест с нерегулярной планировочной структурой (Богородск, Городец, Павлово, Юрино) или ее элементами (Гороховец, Кинешма, Лысково, Юрьево), доминирование в архитектурных панорамах церковных зданий, построенных в XVIII – первой половине XIX в., неоднородность, «мозаичность», «доскутность» рядовой малоэтажной застройки. В образно-стилевом аспекте определяющую роль играла архитектура эклектики; при этом широкое

распространение получила декоративная разновидность «кирпичного стиля» конца XIX – начала XX в. (на основе повсеместного кирпичного производства). Обращает на себя внимание стилевое разнообразие: зрелый и поздний классицизм (Арзамас, Касимов, Муром); местные варианты поздней провинциальной эклектики (Алатырь, Богородск, Большое Мурашкино, Городец, Павлово); влияние модерна (Вязники, Гороховец, Кинешма, Павлово, Юрьевец); отдельные образцы неоклассицизма (Большое Мурашкино, Вязники). В художественном аспекте примечательной особенностью являлась эстетически выразительная и разнообразная деревянная домовая резьба середины XIX – начала XX в.: поволжская глухая резьба, распространенная на обширной территории вдоль Волги (Юрьевец, Балахна, Городец, Лысково, Юрино) и затронувшая города на Клязьме и Суре (Вязники, Гороховец, Алатырь); арзамасская резьба иконостасного типа; козьмодемьянская резьба в русском стиле; павловская резьба с чертами модерна. В социально-культурном аспекте специфику региона составляли высокая концентрация народных художественных промыслов, широкое распространение старообрядчества, контакты преобладающего русского населения с мордовским, татарским, марийским, чувашским народами.

В формировании локальной идентичности каждого отдельного города важное значение имели этапы экономического подъема и связанного с ними повышения строительной активности (в некоторых случаях – строительного бума). Именно в такие исторические периоды формировался неповторимый облик, «лицо» города, и количество вновь возведенных зданий переходило в иное качество. Так, постройки конца XVIII – первой трети XIX в. в формах классицизма определяли облик Арзамаса и Касимова (во втором даже сложился локальный архитектурный феномен, «касимовский ампир»). ИАС Павлова и Богородска характеризовали произведение эклектики конца XIX – начала XX в., выполненные в лицевой кирпичной кладке. Архитектура Гороховца, Большого Мурашкина, Ядрина была отмечена влиянием модерна. Наряду с типичной фоновой застройкой появлялись и выдающиеся произведения архитектуры и искусства – церковные здания Балахны, Мурома и Гороховца середины XVII – начала XVIII в., Воскресенский собор в Арзамасе и ансамбль церкви Вознесения в Лысково, возведенные в первой половине XIX в., усадьбы В.И. Гомулина и П.В. Щеткина в Павлове, жилые дома Ф.К. Пришлецова и М.И. Шорина в Гороховце, построенные на рубеже XIX – XX вв. Периоды расцвета были длительными и ровными (Городец, Лысково) или напротив – краткими

и бурными (Богородск, Большое Мурашкино). В других случаях имел место стабильный рост, обеспечивавший «равновесность» застройки различных периодов, ее стилевую сбалансированность (Муром, Вязники, Кинешма). В начале XX в. почти все города Нижегородского Поволжья находились на подъеме или переживали расцвет, что подтверждает активное строительство каменных жилых домов, обновление церквей и возведение часовен, появление общественных зданий и промышленных комплексов, благоустройство улиц и площадей. При этом вопросы образно-стилевого единства решались естественным образом – за счет единой классической художественной традиции, идентичных строительных материалов, общей региональной специфики.

**Выводы.** Начало XX в. стало для малых и средних городов Нижегородского Поволжья этапом расцвета историко-архитектурной среды, которая приобрела композиционную законченность, целостность, эстетическую выразительность. Выявлены характерные черты эволюционного формирования ИАС, обусловившего неповторимость архитектурных пейзажей городов:

- на уровне градостроительных структур – сохранение наиболее устойчивых элементов и тенденций, появившихся на протяжении жизненного цикла Средневековья, стремление увязать с ними регулярные планировки городов конца XVIII – начала XIX в., последовательное воплощение «конфирмованных» генеральных планов (дореформенный период – преимущественное формирование каркаса, пореформенный – наращивание и обновление ткани, повышение ее капитальности);

- на уровне открытых городских пространств – осознанное выстраивание объемно-пространственной композиции, ее постепенное обогащение новыми элементами при соблюдении общего баланса архитектурных доминант, акцентов второго порядка и массивов застройки (дореформенный период – приоритет главных площадей, пореформенный – повышение роли улиц);

- на уровне объектов архитектуры – морфологическая и типологическая стабильность, определявшая единство застройки; более поверхностный, внешний характер стилевых различий (дореформенный период – классицизм, пореформенный – эклектика).

Анализ развития ИАС малых и средних городов Нижегородского Поволжья в контексте актуальных проблем теории и истории архитектуры позволил установить, что ее визуальная гармоничность и высокие эстетические качества в начале XX в. были обусловлены:

- в аспекте проблемы традиций и новаций – эволюционным преемственным развитием;
- в аспекте проблемы массового и уникального – иерархической структурой, балансом главного и второстепенного;
- в аспекте проблемы стиля и образа – единой классической художественной традицией;
- в аспекте проблемы глобального и идентичного – региональным архитектурным своеобразием.

На фоне расцвета начала XX в. особенно резким и драматичным выглядит «слом эпохи», наступивший в 1917 г. и оборвавший преемственное развитие российских городов. Этот поворотный момент стал отправной точкой неуклонной эстетической деградации ИАС малых и средних городов Нижегородского Поволжья. Причины этой деградации, ее этапы и основные проявления будут рассмотрены во второй части статьи.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицына А.В. Историко-архитектурная среда средних и малых городов Нижегородского Поволжья как феномен культурного наследия // Архитектон: известия вузов. 2014. № 1 (45). С. 53–65.
2. Махаев В.Б. Уездный стиль: русская архитектура междуречья Волги и Оки. Саранск: ООО «Столичное рекламное агентство «Континент»; Издатель Костантин Шапкарин, 2014. 253 с.
3. Морохин Н.В. Традиционная духовная экологическая культура народов Нижегородского Поволжья: дис. ... д-ра истор. наук. М.; 1998. 380 с.
4. Гутнов А.Э., Лежава И.Г. Будущее города. М.: Стройиздат, 1977. 126 с.
5. Бондаренко И.А. О степенях организованности городской застройки // Теория в истории архитектуры и градостроительства: публикации разных лет. Санкт-Петербург, 2017. С. 115–120.
6. Бондаренко И.А. Иерархическая структура древнерусского города (в реализации идеи «вечной гармонии») // Теория в истории архитектуры и градостроительства: публикации разных лет. Санкт-Петербург, 2017. С. 529–535.
7. Иконников А.В. Искусство, среда, время (Эстетическая организация городской среды). М.: Советский художник, 1985. 334 с.
8. Есаулов Г.В. «Третий пласт» в архитектуре юга России в XX веке // АСАДЕМИА. Архитектура и строительство. 2009. № 3. С. 36–38.
9. Аполлон. Изобразительное и декоративное искусство. Архитектура: терминологический словарь / под общ. ред. А.М. Кантора. М.: Эллис Лак, 1997. Народное искусство. С. 374–375.
10. Кириченко Е.И. Русская деревянная застройка XIX в. как социально-исторический феномен // Типология русского реализма второй половины XIX в. / отв. ред. Г.Ю. Стернин. М., 1990. С. 128–157.
11. Зайцева З.А., Кириченко Е.И., Шепелев Ю.И. Деревянная архитектура Томска. М.: Советский художник, 1987. 151 с.
12. Лисицына А.В., Кабатова В.Н. Портрет времени. Архитектура города Богородска Нижегородской области. Нижний Новгород: [б.и.], 2008. 144 с.
13. Шульгина Д.П. Региональные особенности архитектуры эклектики в российской провинции. М.: ЛЕНАНД, 2010. 178 с.
14. Айдарова Г.Н. Архитектурная культура Среднего Поволжья XVI – XIX веков: модель развития, структура типов, влияния. Казань: Казанская архитектурно-строительная академия, 1997. 195 с.

### REFERENCES

1. Lisitsyna A.V. Historical and architectural environment of medium and small cities of the Nizhny Novgorod Volga region as a phenomenon of cultural heritage. *Arhitekton: izvestija vuzov* [Architects: news of universities], 2014, no. 1(45), pp. 53–65. (in Russian)
2. Makhaev V.B. *Uezdnyj stil': russkaja arhitektura mezhdurech'ja Volgi i Oki* [County style: Russian architecture between the Volga and Oka rivers]. Saransk, LLC "Metropolitan Advertising Agency" Continent "; Publisher Costantin Shapkarin, 2014. 253 p.
3. Morokhin N.V. *Tradicionnaja duhovnaja jekologicheskaja kul'tura narodov Nizhegorodskogo Povolzh'ja. Doct, Diss.* [Traditional spiritual ecological culture of the peoples of the Nizhny Novgorod Volga region. Doct. Diss.]. Moscow, 1998. 380 p.
4. Gutnov A.E., Lezhava I.G. *Budushhee goroda* [The future of the city]. Moscow, Stroyizdat, 1977. 126 p.
5. Bondarenko I.A. On the degrees of organization of urban development. *Teorija v istorii arhitektury i gradostroitel'stva: publikacii raznyh let* [Theory in the history of architecture and urban planning: publications of different years]. St. Peterburg, 2017, pp. 115–120. (in Russian)
6. Bondarenko I.A. The hierarchical structure of the old Russian city (in the implementation of the idea of "eternal harmony"). *Teorija v istorii arhitektury i gradostroitel'stva: publikacii raznyh let* [Theory in the history of architecture and urban planning: publications of different years]. St. Peterburg, 2017, pp. 529–535. (in Russian)
7. Ikonnikov A.V. *Iskusstvo, sreda, vremja (Jesteticheskaja organizacija gorodskoj sredy)* [Art, Environment, Time (Aesthetic Organization of the Urban Environment)]. Moscow, Soviet Artist, 1985. 334 p.
8. Yesaulov G.V. "Third layer" in the architecture of southern Russia in the twentieth century. *ACADEMIA. Arhitektura i stroitel'stvo* [ACADEMIA. Architecture and Construction], 2009, no. 3, pp. 36–38. (in Russian)
9. Kantor A.M. *Apollon. Izobrazitel'noe i dekoracionnoe iskusstvo. Arhitektura: terminologicheskij slovar'* [Apollon. Visual and decorative arts. Architecture: Terminology Dictionary]. Moscow, Ellis Luck, Folk Art, 1977. P. 374–375.
10. Kirichenko E.I. Russian wooden building of the XIX century. as a socio-historical phenomenon. *Tipologi-*

ja russkogo realizma vtoroj poloviny XIX v. [Typology of Russian realism of the second half of the XIX century]. Moscow, 1990. P. 128–157. (in Russian)

11. Zaitseva Z.A., Kirichenko E.I., Shepelev Yu.I. *Derevjannaja arhitektura Tomskaja* [Wooden architecture of Tomsk]. Moscow, Soviet Artist, 1987. 151 p.

12. Lisitsyna A.V., Kabatova V.N. *Portret vremeni. Arhitektura goroda Bogorodskaja Nizhegorodskoj oblasti* [Portrait of time. Architecture of the city of Bogorodsk, Nizhny Novgorod region]. Nizhny Novgorod, 2008. 144 p.

13. Shulgina D.P. *Regional'nye osobennosti arhitektury jeklektiki v rossijskoj provincii* [Regional features of eclectic architecture in the Russian province]. Moscow, LENAND, 2010. 178 p.

14. Aydarova G.N. *Arhitekturnaja kul'tura Srednego Povolzh'ja XVI – XIX vekov: model' razvitiija, struktura tipov, vlijanija* [Architectural culture of the Middle Volga region of the XVI-XIX centuries: model of development, structure of types, influence]. Kazan, Kazan Academy of Architecture and Construction, 1997. 195 p.

Об авторе:

**ЛИСИЦЫНА Александра Владиславовна**  
доктор архитектуры, доцент, профессор кафедры  
архитектурного проектирования  
Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет  
603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65  
E-mail: av\_lisitsyna@mail.ru

**LISITSYNA Alexandra V.**  
Doctor of Architecture, Associate Professor, Professor  
of the Architecture Design Chair  
Nizhny Novgorod State University of Architecture  
and Civil Engineering  
603950, Russia, Nizhny Novgorod, Ilyinskaya str., 65  
E-mail: av\_lisitsyna@mail.ru

Для цитирования: Лисицына А.В. Малые и средние города Нижегородского Поволжья: в поисках утраченной гармонии. Часть 1 // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 106–114. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.14.

For citation: Lisitsyna A.V. Small and medium towns of Nizhegorodskoe Povolzhie Region: in search of the lost harmony. Part 1. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 106–114. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.14.



## ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «САМАРАСТРОЙИСПЫТАНИЯ»



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

**Надежда Владимировна КОНДРАТЬЕВА**  
кандидат технических наук, доцент

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

S. A. MALAKHOV  
M. T. ALSAYED AHMAD

## THE CONCEPT OF A NEW RESIDENTIAL TYPOLOGY BASED ON THE PRINCIPLE OF FLEXIBILITY

КОНЦЕПЦИЯ НОВОЙ ЖИЛОЙ ТИПОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ГИБКОСТИ

*Two types of urban areas belonging to conditionally unorganized and super-organized types of development are compared. The comparison is made with regard to the capacity of each type to adapt the material components and the original design solutions to the changing needs of the inhabitants. The aim of the study is to find the best strategy to implement the principle of flexibility in a new experimental residential typology of the future, while maintaining the main advantages of each type.*

**Keywords:** *disorganised areas, over-organised areas, flexibility, search for an optimum strategy, experimental typology*

Our previous studies, in particular the comparative analysis of the Mezzeh Gardens amateur construction area in Damascus and the Bed Zed neighbourhood in Hackbridge, south-west London, determined that the unorganised area of Mezzeh Gardens was created by the residents themselves, but due to a lack of state planning and regulation the existence of the area was not accompanied by sufficient engineering and social provision. At the same time, social life in the area appears to have been quite successful, with several important aspects, including flexible adjustment to changing circumstances, preservation of cultural traditions, communication of the population, and integration of different groups of the community with each other. In contrast, the Bed Zed development 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. However, this quality environment project ruled out any initiatives to change facilities independently [1–3].

As a result of the comparative analysis of the two types of urban areas, it was hypothesised that a “third” typology should be theoretically modelled and practically developed, balancing the advantages of the two typologies as much as possible, based on the principles of flexibility and sustainable development of the environment.

*Сопоставляются два типа городских районов, относящихся к условно неорганизованным и сверхорганизованным типам застройки. Сопоставление производится на предмет возможностей каждого типа адаптировать материальные компоненты и изначальные проектные решения в связи с изменением потребностей обитателей. Цель исследования заключается в поиске наиболее оптимальной стратегии реализации принципа гибкости в новой экспериментальной жилой типологии будущего с одновременным сохранением основных преимуществ каждого типа.*

**Ключевые слова:** *неорганизованные районы, сверхорганизованные районы, принцип гибкости, поиск оптимальной стратегии, экспериментальная типология*

### Prospects for a “third typology”

The existence of both studied types of urban development – unorganised and super-organised areas – can take place on the basis of the transformation of the first type and the development of professional new-build projects, taking into account the principle of flexibility. Together the two processes will constitute the “third typology” we are looking for. If necessary, only newly developed projects will be included, and the transformation of the unorganised (informal areas) will be perceived as their reconstruction and renovation.

The renovation, reconstruction of naturally occurring unorganised urban areas corresponds to the very fact of the prevalence of so-called “people’s construction” (“self-building”, “anonymous, popular architecture”) in relation to the total number of professional projects carried out worldwide. [4]. “Amos Rapoport in 1995 estimated that folk architecture makes up 95 per cent of the world’s built-up environment, compared to the small percentage of new buildings designed by architects and constructed by engineers each year”<sup>1</sup>. In 1971, Ronald Brunskill gave the following definition of ‘people’s building’: “...a building designed by an amateur with no special training”; according to him, the dominant factor in such construction is function

<sup>1</sup> Folk Architecture - [https://ru.abcdef.wiki/wiki/Vernacular\\_architecture](https://ru.abcdef.wiki/wiki/Vernacular_architecture)

and local materials [5]. Other researchers of this activity, such as Paul Oliver, Allen Noble [6] have tried to raise the status of vernacular construction to the category of “vernacular architecture”.

The units of social organisation in any type of urban area are family and neighbourhood. Accordingly, it is to meet and change their needs that both the architecture of unorganised and over-organised neighbourhoods must respond. In one case there is contact between an anonymous builder and the family, in the other the interaction with a professional architect and developer is assumed. Of what we refer to as the realm of positive assumed family and builder contact, much happens in accidental scenarios. In large projects, the consumer is most often cut off from dialogue with architects, and is only given a choice at the flat buying stage.

Urban informal development, unlike rural development, is most often transformed within the house’s own boundaries, while in rural areas a family’s home may expand at the expense of the backyard. At the same time, in those cases where the yard emerges directly within the city limits and is owned by a single family, the expansion of the house may take place within its boundaries. However, in a broad sense, the flexibility factor is embodied not only in the extension of the dwelling but also in a number of other activities, such as – dividing into rooms, changing the function of existing rooms, introducing new engineering equipment, and sometimes - creating attractions designed to make life more exciting, such as –

building dovecotes over the roofs of poor Cairo neighbourhoods.

In our study, the examination of the potential bases of a ‘third flexible typology’ turns to several classifications relating to ‘flexible behaviour’ and ‘building counter-reaction options’. The ‘counter-responsiveness of buildings’ is to be understood as their willingness to respond to changing family or societal needs while maintaining the overall viability of the building and the environment.

**Resilient environments of unorganized urban areas**

Unorganized urban areas can be considered a priori flexible, that is, having the maximum capacity to adapt to changing family or neighbourhood circumstances. However, in order to achieve a sustainable state, these areas, as already mentioned, need to bring in a number of external solutions and services, which are considered feasible as long as the state and experts are involved in the relevant tasks (fig. 1).

The flexibility of unorganised areas is provided by the relatively safe characteristics of low-rise construction, simple technologies and materials, and the ability to transform the original structures both by rebuilding and by the expansion of space in three dimensions.

To achieve the characteristics of a sustainable urban environment in unorganised areas, infrastructure improvements and social services can be applied (fig. 2).

|                               |                                       |  |
|-------------------------------|---------------------------------------|--|
| Quarterly type of development | Dividing a neighbourhood into parcels | Limiting the size of the neighbourhood (number of families in one community) |
| Engineering support           | Self-governing locality               | Possibility of physically changing buildings                                 |
| Available building materials  | Limiting the number of store          | Flexible sanitary and fire regulations                                       |

Fig. 1. Principles of development and flexible change in informal settlements

|  |   |  |
|--|---|--|
| Neighbourhood communication centres, elements of a university campus                     | Locality engineering service stations                             | Creating a hierarchical system of engineering and transport services |
| Establishment of self-government and cultural centres                                    | Limiting the size of the neighbourhood                            | Legitimation and list of accessible elements of self-building        |
| Implementation of craft workshops and shopping streets - self-sustainability of the area | Introducing environmentally friendly and renewable energy sources | Local architectural offices, law and health services                 |

Fig. 2. Methods to achieve sustainable environment characteristics in unorganised areas

### Flexibility factor for hyper-organised areas. The concept of a new typology

With a high degree of formal organisation of the territory by the state and the construction companies, it is necessary to develop methods of architectural design and construction which take into account the factor of flexibility, including the experience of self-development of disorganised areas.

Methods and principles to achieve such characteristics may in fact indicate the development of a “third typology”, on the one hand including modelling based on contemporary construction practices and the development of new territories, and on the other hand giving the new development the qualities of a changing environment, similar to those of unorganised areas (fig. 3).

The creation of a new residential typology can be seen as the most urgent objective of the archi-

tectural and urban planning policy of the state and development companies in the fairly foreseeable future. The methods and principles outlined in this paragraph (see fig. 3) can be taken as a basis for appropriate research and design experimentation.

The metabolic movement undertaken by Japanese architects Kikutake and Awazu largely anticipated the creation of professional strategies of flexibility, but did not go beyond the analogy of the building with the biological processes of self-change<sup>2</sup> [7]. Aravena in his projects broadened the spectrum in understanding the contemporary application of the principle of flexibility by incorporating the concept of self-development based on balancing professional projects with resident initiatives [8]. In a study conducted in the workshop of Malakhov and Repina, it was substantiated that maintaining compact links within the urban neighbourhood is a guarantee of a flexible sustainable environment [9].

|   |  |  |
|---|--|--|
| Hierarchical construction of locality according to the city principle: courtyard, block, street, centre | Limiting the size of the minimal locality: the yard and the neighbourhood      | Increasing density while reducing floor space                            |
| Self-governance of localities   | Admissibility of controlled self-building                                      | Combination of standard structures, modularity and individual inclusions |
| Self-sustainability of locations through the introduction of workshops and street retail                | Self-organisation of the future neighbourhood at the design stage <sup>3</sup> | Free-spanning flats  |
| Incorporating a space of potential self-development in the project                                      | Local architectural and law office   | Facilities of a distributed campus                                       |
| Balance with the natural environment  | Renewable energy and engineering sources                                       | A cultural centre of locality  |

Fig. 3. Methods and principles for introducing flexibility into the new typology

**Conclusions.** 1. The overall comparative analysis of the two types of residential development suggests that future residential strategies should take advantage of both types: the flexibility of unorganised development and the physical stability of organised development.

2. The fact that the majority of the world’s building processes are massively self-built, suggests the need to transform professional and public building standards in a dialogue with the accumulated experience of anonymous architecture.

3. Flexibility and adaptability to continuously changing needs are the distinctive characteristics of the unorganised built environment, but the engineering and social aspect remains vulnerable.

4. The stabilisation of the infrastructural aspects of the unorganised development allows it to be seen as a de facto prototype of the formed basis of a new residential typology.

5. In the subsequent development of new projects concerning the area of responsibility of the state and development companies, the principles and methods given above in the material of the article should be taken into account. First of all, a more extensive list of effective models must be included in the experimental designs, largely borrowed from the experience of anonymous construction, going back to the evolutionary practice of sustainable development of unorganised territories.

<sup>2</sup> In their manifesto, the authors of the concept of metabolism explicitly state: “The ideal scheme of the metabolic building is derived from an analogy with biology and nature”. [7]

<sup>3</sup> Self made city” concept, developed as a pilot project under the leadership of E.A. Repina

6. New experimental typologies, developing their own resources of professional practice and professional concepts (metabolism, flexible planning, acceptable collaboration with residents), should include new morphological codes (urban hierarchy of spaces, parcels) and effective strategies of self-development (neighbourhood, multifunctionality, amateur architecture, campus).

7. The development of a new residential typology based on the principle of flexibility should be in the form of experimental design, taking into account the world's achievements and developments in professional practices and concepts.

## REFERENCES

1. Malakhov SA, Alsaied Ahmad MT. Sustainable environment strategy based on principles of flexibility and ecological balance in the development of the international exhibition "Expo Dubai 2020". *Aktual'nye problemy stroitel'noj otrasli i obrazovaniya – 2021: sb. dokl. Vtoroj Nacional'noj nauchnoj konferencii* [Current problems of the construction industry and education – 2021: Sat. doc. Second National Scientific Conference]. Moscow, 2022, pp. 579–586. (In Russian).

2. Малахов С.А., Алсаиед Ахмад М.Т. Flexibility and sustainability factor in unorganized and organized types of urban environment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 106–118. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.15

3. Malakhov SA, Alsaied Ahmad MT. Problems of self-development and state of infrastructure of naturally established urban areas. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture: sb. statej 80-j Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Traditions and innovations in construction and architecture: Sat. articles of the 80th All-Russian Scientific and Technical Conference], 2023, pp. 915–925. (In Russian).

4. Folk architecture. Abcdef.wiki. Available at: [https://ru.abcdef.wiki/wiki/Vernacular\\_architecture](https://ru.abcdef.wiki/wiki/Vernacular_architecture) (accessed 18 August 2023).

5. Ronald Branskill. Traditional UK buildings. Introduction to folk architecture. London: Cassella. Available at: [https://ru.abcdef.wiki/wiki/Ronald\\_Brunskill](https://ru.abcdef.wiki/wiki/Ronald_Brunskill) (accessed 18 August 2023).

6. Allen Noble. Traditional Buildings. Tauris I.B. 2009. 360 p.

7. Metabolism (S). Flexibility in 21st century. Interviewee. URL: <https://stanislaschaillou.com/citx/>

8. Alejandro Aravena. My principle in architecture? Attract the population to the process. Available at: <https://zen.yandex.ru/media/glavgosexpertiza/alejandro-aravena-moi-princip-v-arhitekture-privlekaite-naselenie-k-processu> (accessed 18 August 2023).

9. Repina E., Malakhov S. Historical environment experience as a megapolis regeneration strategy. IOP Conference Series: materials science and Engineering. 2020. P. 012026.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малахов С.А., Алсаиед Ахмад М.Т. Стратегия устойчивой среды на основе принципов гибкости и экологического баланса в застройке международной выставки «Экспо Дубай 2020» // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021: сб. докл. Второй Национальной научной конференции. Москва, 2022. С. 579–586.

2. Малахов С.А., Алсаиед Ахмад М.Т. Flexibility and sustainability factor in unorganized and organized types of urban environment // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 3. С. 106–118. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.15.

3. Малахов С.А., Алсаиед Ахмад М.Т. Проблемы саморазвития и состояния инфраструктуры естественно сложившихся городских территорий // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: сб. статей 80-й Всероссийской научно-технической конференции. 2023. С. 915–925.

4. Народная архитектура. Abcdef.wiki [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.abcdef.wiki/wiki/Vernacular\\_architecture](https://ru.abcdef.wiki/wiki/Vernacular_architecture) (дата обращения: 18.08.2023).

5. Рональд Бранскилл. Традиционные здания Великобритании. Введение в народную архитектуру. Лондон: Касселла [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.abcdef.wiki/wiki/Ronald\\_Brunskill](https://ru.abcdef.wiki/wiki/Ronald_Brunskill) (дата обращения: 18.08.2023).

6. Allen Noble. Traditional Buildings. Tauris I.B. 2009. 360 p.

7. Metabolism (S). Flexibility in 21st century. Interviewee. URL: <https://stanislaschaillou.com/citx/>

8. Алехандро Аравена. Мой принцип в архитектуре? Привлекайте население к процессу [Электронный ресурс]. URL: <https://zen.yandex.ru/media/glavgosexpertiza/alejandro-aravena-moi-princip-v-arhitekture-privlekaite-naselenie-k-processu> (дата обращения: 18.08.2023).

9. Repina E., Malakhov S. Historical environment experience as a megapolis regeneration strategy // IOP Conference Series: materials science and Engineering. 2020. P. 012026.

About authors:

**MALAKHOV Sergey A.**

Doctor of architecture, Professor, Professor of the Basic Architecture and Artistic Communications 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

**ALSAYED Ahmad Mohamad Tarek**

Postgraduate Student of the Basic Architecture and Artistic Communications Chair National Research Moscow State University of Civil Engineering Institute of Construction and Architecture 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye hw., 26 E-mail: tarekalsayed8@gmail.com

**МАЛАХОВ Сергей Алексеевич**

доктор архитектуры, профессор, профессор кафедры основ архитектуры и художественных коммуникаций 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 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: s\_a\_malahov@mail.ru

**АЛСАИЕД Ахмад Мохамад Тарек**

аспирант кафедры основ архитектуры и художественных коммуникаций Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет Институт строительства и архитектуры 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26 E-mail: tarekalsayed8@gmail.com

For citation: Malakhov S.A., Alsayed Ahmad M.T. The concept of a new residential typology based on the principle of flexibility. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 115–119. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.15.

Для цитирования: Малахов С.А., Алсаиед Ахмад М.Т. Концепция новой жилой типологии на основе принципа гибкости // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 115–119. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.15.

Т. А. СЛАВИНА

**БЕСЧЕРТЕЖНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
(РУССКОЕ СРЕДНЕВЕКОВЬЕ)**

DRAWINGLESS DESIGN (RUSSIAN MIDDLE AGES)

*Восемь веков русского Средневековья создали великую архитектуру, но не оставили ни одного проектного чертежа. В статье рассмотрены не только причины этого факта, но и особенности бесчертежного творческого процесса и его полноценность.*

**Ключевые слова:** творчество по образцу, словесный проект, красота как цель творчества

Современному архитектору может казаться, что средневековая архитектура бесконечно далека от современности и потому ему не нужна. Но это далеко не так.

В Средневековье на Руси сложилось ядро зодческой профессии, сохранившееся до наших дней. Профессия архитектора на Руси восходит к древнему искусству плотников; ее документированная история начинается с X столетия. Бесчертежное проектирование является главным классификационным признаком, позволяющим, с одной стороны, настаивать на целостном характере проектно-строительной деятельности с X по XVII вв., а с другой – уверенно отличать ее от деятельности Нового (с XVIII в.) времени.

Искусство проектного черчения восходит к античности. Его высоко ценили в Риме (обломки мраморных плит с чертежами планов дворцов цезарей на Палатинском холме нашел и обмерил К. Тон в 1820-х гг.). Витрувий, перечисляя знания и умения, необходимые архитектору, указывал: «Он должен быть человеком грамотным, умелым рисовальщиком, изучить геометрию. <...> Уметь рисовать он должен для того, чтобы быть в состоянии изобразить без труда при помощи рисунков задуманное им произведение [1, с. 10–11].

Профессиональную культуру Рима унаследовала Византия, знавшая не только чертежи, но и методы расчета стоечно-балочных и арочных систем. Известны чертежи готической эпохи; каркасная система, прорисовка стрельчатых арок и круглых окон «роза», а также сложные строительно-технические устройства свидетельствуют о том, насколько серьезно владеют эти архитекторы не только черчением, но и знаниями в области математики, геометрии, механики, физики [2, т. 3, с. 163–170; т. 4, с. 637–652]. Готическое проектное искусство ста-

*Eight centuries of the Russian Middle Ages left great architecture, but not a single design drawing. The article examines the reasons for this fact, as well as features of the drawingless creative process and its usefulness.*

**Keywords:** model-based creation, verbal project, beauty as the goal of creativity

ло «мостом», соединившим Ренессанс и Античность: итальянские мастера отказались от обрести и конструкций готики, но научились чертить. К началу XVI в. они уже овладели полноценным инструментарием проектного процесса, включающим чертежи – триаду плоских проекций «план–фасад–разрез» и перспективу, а также детальную архитектурную модель [3].

На этом фоне выделяется поразительный факт: *восемь веков русского Средневековья не оставили нам ни одного проектного чертежа.*

Известно небольшое количество весьма условных чертежей, относящихся к XVI–XVII вв.; доказано, однако, что их составляли в целях административно-юридических (фиксация права владения), административно-финансовых (иллюстрирование смет и отчетов по строительству), утилитарно-производственных (перестройки здания и пристройки к нему. Таков, например, план Патриаршего дома в Московском Кремле (середина XVII в.) [4].

С ранним этапом истории монументального зодчества связывается появление деревянных или глиняных моделей, вполне достоверно изображавших будущую постройку. Модель служила мастеру для демонстрации замысла заказчику, но нет сведений о том, что данный этап работы был обязателен. Архитектурного обмера в нашем понимании слова, необходимого, казалось бы, при работе «по образцу», не существовало. Даже в XVI–XVII вв. размеры образцов фиксировались только словесно.

Единственный достоверный случай строительства с опорой на чертеж и модель-образец отмечен в середине XVII в., когда патриарх Никон предпринял сооружение Воскресенского собора в Ново-Иерусалимском монастыре под Москвой; но образец воспроизведен весьма приблизительно-

но. Один наш историк отнес этот странный факт на счет русского «разгильдяйства», но он неправ: бо́льшую часть заметных строений в те времена возводили по княжескому или царскому заказу, эти события отмечали летописцы, в позднее же Средневековье за строительством следили дьяки Каменного приказа, так что проекты должны были храниться в архивах подобно летописям, порядным грамотам и писцовым книгам.

Так что же случилось на Руси? Ответ прост: *на Руси не было бумаги.*

Бумагу изобрел китаец Цай Лунь в 105 г. н. э. В XI–XII вв. она появилась в Европе. Русские познакомились с бумагой в середине XIII в., когда слуги хана Батые вели перепись населения Руси для сбора дани; бумагу хану везли из Китая. Слово «бумага» происходит от татарского «бумуг» (хлопок). Позже на Руси использовалась только импортная бумага: в XIV–XV вв. – итальянская и французская, затем немецкая, польская, английская, голландская. Это был предмет роскоши. Свою бумагу в России начали делать при Иване Грозном, но всерьез ее производством занялись лишь во второй половине XVII в. и при Петре I [5]. На Руси писали на пергаменте, на «церах» (маленьких дощечках, покрытых воском), в Новгороде – на бересте; на них можно сделать эскиз-набросок, но не геометрический чертеж. Впрочем, берестяных грамот с архитектурными эскизами археологи не нашли.

Византийцы могли бы научить русских чертежному искусству, но христиане-миссионеры объясняли славянам-неофитам правила церковного ритуала и структуру церкви; греческие же мастера учили славян ремеслу – «размерять основание», возводить стены, арки, паруса и своды, лепить и обжигать кирпич-плинфу.

Среди граффити в новгородской Софии сохранился чертеж-набросок церкви – видимо, его сделал мастер-грек. Но греки уехали, а русские попы боролись с «еллинской наукой», а к ней относилось и чертежное искусство («богомерзостен всяк любяй геометрию»).

\*\*\*

Отсутствие проекта свидетельствует об одном: *чертеж был не нужен.*

Здесь мы касаемся святая святых профессии; акт проектирования совершался в сознании мастера. Перед мысленным оком мерцал зримый образ будущей постройки, сначала это был, скорее всего, образец, затем формы начинали меняться, наконец складывалась виртуальная модель будущей постройки и мастер готовился перевести ее в материал – дерево, кирпич, камень. Как это происходит, узнают в будущем, ученые, когда сумеют записывать движение информации в нейронах мозга, но несомненно

одно – этот акт составляет **ядро зодческой профессии, и сложилось оно в Средневековье.**

Это ядро включает два компонента. Первый компонент – мозг мастера, его сознание, в котором хранятся и образцы, и методы их преобразований, и «продукт» – мысленный образ будущего строения, переводимый затем в материал. Второй компонент – образец, источник индивидуального творчества, базис архитектурного наследования.

Опора на образец не столь компрометантна для творческой личности, как покажется современному архитектору. Слово образец принадлежит к семье слов, богатой высокими смыслами: *образ, воображение, преобразование, образцовый (лучший)*. Следование образцу и его преобразование составляют норму любой деятельности. Теоретики-методологи видят в культуре «совокупность образцов, эталонов, стереотипов деятельности, существующих вне ее и параллельно с ней, в виде вещей и знаков, запечатлевающих в себе свойства и строение деятельности и обеспечивающих ее воспроизведение» [6]. Английский методолог Дж. К. Джонс предложил 35 методов проектирования в разных областях деятельности. Все методы начинаются с «поиска литературы» [7]. Сошлемся и на практику историков-искусствоведов, старательно (и успешно) разыскивающих «источники» проектных решений и стилей.

Осознание себя творцом своего произведения, принятое человеком в современном мире, возникло сравнительно недавно. В Средние же века не существовало понятия авторства ни в архитектуре, ни в словесном творчестве, ни в живописи. Не имеет автора и миф: это всегда пересказ чего-то, существовавшего уже раньше; былина и сказка – это наслоение множества авторских вкладов, ни один из которых не поддается определению. В иконописании замысел лежал вне личности художника: иконописец руководствовался восходящим к византийской культуре каноном – «подлинником», задающим и форму, и содержание иконы.

Образцу следовали откровенно и прямолинейно. Известно летописное указание о том, что собор Владимира Мономаха в Ростове и собор в Суздале построены «*в ту же меру*», что и Успенская церковь Киево-Печерского монастыря. Суздальский собор Рождества Пресвятой Богородицы послужил в свою очередь в XV в. образцом для Успенского собора в московском Кремле, который строила артель Мышкина и Кривцова. Так на протяжении столетий воспроизводился тип крестовокупольного храма. Тот же закон действовал и в деревянном храмостроении, и – много раньше и с особенным постоянством – в истории русской избы: пе-

режив долгую цепочку преобразований, изба триумфально дожила до наших дней.

Понятие «тип» предполагает не только морфологическую общность, но и генетическую связь объектов (по-гречески *τυπος* означает «отпечаток»). Начальный и конечный пункты эволюции избы, храма, трапезной могут весьма отличаться друг от друга, однако каждое звено в этой цепи было преобразованием предшествующего образца.

Строя по образцу, зодчий воспроизводил коллективный, суммарный опыт поколений. Архитектурное решение, если оно было удачно, проверено и признано, отделялось от его создателя и в свою очередь становилось образцом.

Конечно, в первую очередь решает, удачна ли работа мастера, заказчик, но не только. О новых церквях шла молва, и высшим и по существу единственным критерием их оценки была красота здания. «Такое же несть в полунощной стране, и всим приходящим к ней дивитися изрядней красоте ея» – написал современник о о церкви Михаила Архангела в Смоленске [8].

Красота церкви была едва ли не первой целью зодчего. Известны политические мотивы, по которым князь Владимир выбрал себе мощного союзника – Византию и одновременно религию для Руси – православие. Политика политикой, но перечтем снова рассказ летописца, сообщившего подробности выбора религии: князь послал десять «мужей славных и умных» узнать, как служат своему богу разные народы; вернувшись, мужи сообщили: были они у мусульман, у иудеев, у немцев – «и видели в храмах их различную службу, но красоты не видели никакой. И пришли мы в Греческую землю, и ввели нас туда, где служат они богу своему, и не знали – на небе или на земле мы: ибо нет на земле такого зрелища и красоты такой, и не знаем, как и рассказать об этом. Знаем мы только, что пребывает там Бог с людьми, и служба их лучше, чем во всех других странах» [9].

Какие же закономерности прослеживаются в эволюции храмового зодчества, связанного с деятельностью русских артелей?

Построенные греками первые русские соборы массивны, приземисты, суровы, почти лишены декора; членения фасадов зависят только от расположения внутренних пространств; интерьеры же, где совершается литургия, просторны и украшены живописью, мозаиками, драгоценной утварью. В последующие века ритуальное пространство стало постепенно уменьшаться: мастера перенесли внимание на внешний облик храма. Меняются общие пропорции зданий: если раньше плановые габариты были примерно равны высоте, то теперь высота в два,

а то и в пять раз стала больше (церковь Рождества Богородицы в Пeryни. Начало XIII в., собор Покрова на Рву), особенно заметно вытягиваются барабаны. Стены и проемы обретают сложнейший пластический узор. С особенной любовью мастера разрабатывают верхнюю зону храма – ярусы изысканных трехлопастных арок и цепочки кокошников, «не нужных» ни символически, ни конструктивно.

Вот оно – инстинктивное и непреодолимое стремление к красоте рукотворного строения, вписываемого в вечную красоту Природы.

Тысячи лет люди пытаются найти ответ на вопрос: что есть красота и почему ее обожествляют люди? Известно, впрочем, что кроме базовых биологических потребностей (в пище, самосохранении, продолжении рода) и потребностей, удовлетворяемых средствами архитектуры (в укрытии, удобстве, общении), человеку свойственны потребности экзистенциальные – в гармонии со Вселенной, и эту потребность призваны удовлетворять все религии и красота рукотворного мира.

Пифагор и Аристотель видели в красоте совершенство космоса, миропорядка, торжество целесообразности, олицетворение блага; категорию нерассудочную, божественную; воплощение математики, геометрии, симметрии, пропорций. Русские еще не знали этих слов, но уже в XIII столетии стали воспринимать здание церкви как молитву: церковь «сама вызывает к Богу на строителя своего», утверждал летописец [10].

Красота вечно служила целью архитектуры как искусства. Архитектура прошлого, ее формы и ее язык, явленные в мириадах подобий, хранят и сообщают нам информацию о нашей причастности к Космосу, необходимую для духовного здоровья человечества. Красота средневековых памятников свидетельствует о потребности наших предков в общении с Высшими силами и о высокой миссии плотников и мастеров каменных дел, реализовавших эту потребность. В зримой гармонии архитектурных форм для средневекового человека заключалось жизнеутверждающее начало. Потребность в красоте была тем сильнее, чем больше горя несла человеку жизнь, заливаемая кровью, – от рук внешних врагов и от собственной жестокости.

Вневременная и универсальная, эта информация всегда актуальна и современна. Иначе почему бы средневековые «памятники» так волновали нас, людей XXI столетия?

Строительство церкви начиналось так: на разровненной площадке намечали место престола, из этой точки проводили крестообразно две оси, ориентированные по странам света. Далее начиналось «размерение основания» стен и столбов. Размеры задавались с помощью мерных саженой (палок) или веревок с узлами.

Есть несколько не подтвержденных гипотез, как именно это делалось (К.Н. Афанасьев, А.А. Тиц, М.В. Степанов, П.Н. Максимов); способы же назначения вертикальных размеров оказались настолько темны, что возникло предположение: средневековый мастер работал «как скульптор», в ходе постройки принимая решения о габаритах частей здания [11] (рис. 1, 2).

Можно ли держать в уме всю пространственную структуру здания – назначать, например, отметки пят сводов, которые связаны с высотой помещений под хорами и над ними, с отметками окон и т. д. Именно в этот момент на помощь мастеру приходит образец: мастер обращается к нему (или хранит его в памяти), что позволяет с уверенностью вести кладку или рубить стены, точно зная, когда придет пора выводить оконные проемы или вершить своды. Пластичность мыслеобраза допускала его преобразование: художественная интуиция могла потребовать увеличить высоту объема, изменить пропорции членений, по-новому исполнить декоративные детали, добавить новый мотив. Законченная церковь могла служить мастеру как бы эскизом для последующей постройки. Конечно, случались ошибки, и, «буде покажется высоко или низко», мастер «ломал» сделанное.

Современный архитектор представляет проект на утверждение заказчику. Но как же формировался заказ в условиях бесчертежного проектирования? Ответ таков: проектная стадия существовала, но это был не чертеж. Перед началом строительства заказчик и мастер составляли договор. В раннем Средневековье договор был устным; суть его не изменилась, когда распространились грамотность и бумага и появились документы – порядные записи. В порядных записях оговаривались сроки работ, поставка материалов, условия оплаты и неустоек, но, главное, содержался словесный проект (понятие «словесный проект» ввел М.И. Мильчик [13]). Свойства будущего сооружения моделировались в системе терминов, каждый из которых однозначно обозначал форму (термин-имя: «клеть», «крестовая бочка», «повал» и пр.) или действие («срубить», «свести», «розвалить» и т. д.), а также в числах, определявших размеры сооружения в мерах или в штуках (например, число венцов в срубе): «...Поставити мне новая изба четырех сажен без локти и с углы, а другие стены трех сажен <...>, а до куриц вверх дватцать три ряда, да поставити мне вновь клеть меж углы двоих сажен до куриц дватцать пять рядов...» [13].

В некоторых случаях в порядной прямо указывался образец. Образцом для церкви Егорья Стратотерпца послужила Фроло-Лаврская церковь Тихвинского посада: «...Срубить сто-

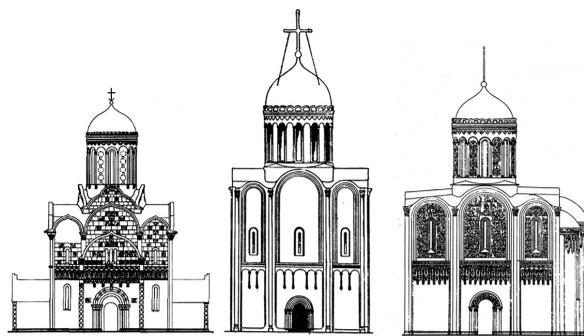


Рис. 1. Успенский собор во Владимире

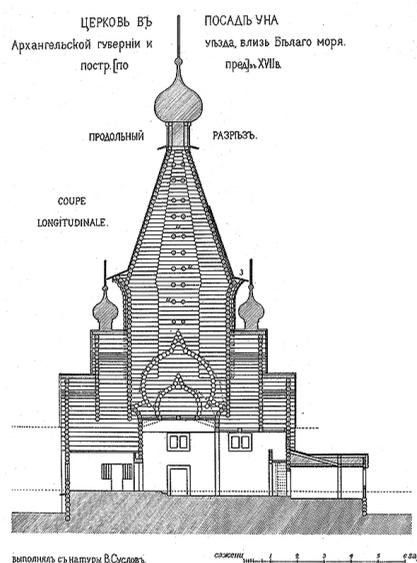


Рис. 2. Церковь в селе Уна. Обмер В. В. Суслова.

Скромное внутреннее пространство церкви, ограниченное «небом», не идет в сравнение с громадностью объема

пы церковной <...> сорок рядов до повалу<...> Срубить приделы покручая по подобию и на тех приделах поставить на шеях главы по подобию<...>, а бочки и главы поставить как на Тихфенском погосте у Фрола и Лавра». Каждое слово порядной настолько изоморфно архитектурной форме, что Ю. С. Ушаков на ее основе вычертил план и фасад этой церкви (рис. 3) [13].

Не менее подробны словесные проекты каменных зданий. «...Устроить два крыльца, по четыре столба осмеричные, а в перемычках между столбов вислое каменье, а на яблоках вислых резать чешую, а на откосе ложки резные, а над ложками полка растеска столярная, а над тем вислым каменьем перемычки со столба на столб карнизом с яблочки, а над карнизом шатры каменные» [14].

Словесный проект составлялся при прямом участии заказчика, но узкопрофессиональная терминология доказывает, что в словесную

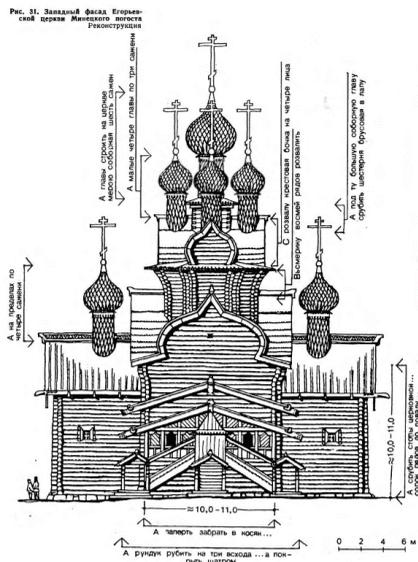


Рис. 3. Золотый Фасад Егорьевской церкви Минецкого погоста (Боровичский уезд). 1700 г.  
Графическая реконструкция Ю.С. Ушакова

форму пожелания последнего облачал именно мастер, указывая число венцов, способ вязки бревен, тип порезки («яблочками» или «чешуей») и пр. Иногда, избегая докучного описания всех тонкостей, известных ему и не обязательных для заказчика, мастер обеспечивал себе свободу действий: тогда появлялись пресловутые формулы: «как мера и красота скажут», «буде покажется низко...», «всё то церковное здание строить по пригожеству», оставляющие простор для фантазии и изобретательства.

\* \* \*

Молодая русская зодческая культура училась у зрелых народов. Москвичу или псковичу достаточно было увидеть построенное кем-то здание (а в позднее Средневековье – картинку в архитектурной книге), и новая форма, конструкция, деталь оставались в его образной памяти. Многие образцы показали русским приезжие мастера – галичане во Владимиро-Суздальской земле; немцы, построившие в Новгороде Владычную палату, структура которой повторилась много раз в одностолпных палатах. Фризины, работавшие на Руси в XV–XVI вв., не научили нас чертить, но у них мы по-художнически восприняли ордер и даже венецианскую двойную арочку с «тирькой» внизу, стянутую железной связью, – под именем «вислого камня» она с тех пор воспроизводилась постоянно, став одним из идентификационных знаков московского зодчества.

Чем больше было образцов, тем большую свободу обретал мастер, ибо ни один образец не копировали. Преобразование увиденного –

непрерывный компонент творчества. Образец подвергался коррекции (частичному изменению размеров или пропорций): так шло развитие типа крестово-купольного храма. Мастера умели синтезировать структурные признаки разных образцов: круглые абсиды, закомары, барабаны, луковичи каменных церквей плотники переводили в дерево (восьмигранные столпы, «бочки», «кубы» и пр.). И наоборот, деревянный шатер перевел в камень некий фрязин, создатель церкви Вознесения в Коломенском. Важнейшим проявлением синтеза стал перевод конструктивной формы в декоративную. Так, закомара, получившая заостренное подвышение, превратилась в кокошник, а также в обрамление наличников, а увенчанный куполом барабан превратился в глухую тонкую шейку с пузатой луковкой – это любимые средства создания красоты.

Мощным способом функционального и конструктивного совершенствования разных типов объектов явилась инновация – инженерное изобретательство, определившее эволюцию и избы (печная труба привела к световому окну, изобретение вихора-лестницы породило терем), и церкви (ступенчатые арки под барабаном породили тип бесстолпного храма).

И всё это делалось без чертежа. Какой же мощной образной памятью обладал неграмотный, с ремешком на лбу зодчий или плотник...

Семь веков пополнялась сокровищница профессиональной культуры. Помним ли мы, что это такое – Культура?

Самое содержательное определение культуры дал Ю. М. Лотман: «Культура есть совокупность **генетически ненаследуемой информации** в области поведения человека». Знания и умения, составляющие культуру, *не наследуются отдельно взятым человеком*. Наследуются только способности к познанию и действиям. Наше сознание в момент рождения – *tabula rasa* («чистая доска»), заполняемая в ходе образования-воспитания информацией из внешнего мира, где она хранится в артефактах, текстах, обычаях. Архитектура складывалась как средство адаптации человека к природе и обществу. Человечество закрепляло и воспроизводило архитектурные структуры, аккумулирующие опыт освоения мира. Архитектурное наследование, или творчество по образцу, способствовало выживанию «человека биологического» и «человека культурного». И задача современного архитектора – использовать опыт русской архитектуры, хотя и краткий по сравнению с другими культурами, – как уникальный по чистоте естественный эксперимент.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Витрувий*. Десять книг об архитектуре. М.: Либром, 2013. 320 с.

2. Милонов Ю.К. Всеобщая история архитектуры в 12 т. 1966. Т. 3. 687 с.
3. Ревзина Ю.Е. Инструментарий проекта. От Альберти до Скамоцци. М.: Памятники исторической мысли, 2003. 159 с.
4. Тиц А.А. Загадки древнерусского чертежа. М.: Стройиздат, 1978. 151 с.
5. Бумага [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Бумага> (дата обращения: 11.07.2023).
6. Щедровицкий Г.П. Об исходных принципах анализа проблемы обучения и развития в рамках теории деятельности // Обучение и развитие: материалы к симпозиуму АПН. М., 1966. С. 91–94.
7. Джонс Дж.К. Инженерное и художественное конструирование. М.: Мир, 1976. 374 с.
8. Воронин Н.Н., Раппопорт П.А. Зодчество Смоленска. Л.: Наука, 1979. 178 с.
9. Повесть временных лет // Изборник. М.: Художественная литература, 1969. 68 с.
10. Киево-Печерский патерик [Электронный ресурс]. URL: [https://azbyka.ru/otechnik/Zhitija\\_svjatykh/kievo-pecherskiy\\_paterik/](https://azbyka.ru/otechnik/Zhitija_svjatykh/kievo-pecherskiy_paterik/) (дата обращения: 11.07.2023).
11. Ильин М.А. О профессиональных навыках древнерусского зодчего // Сообщения Ин-та истории искусств АН СССР. 1958. Вып. 12. 158 с.
12. Косточкин В.В. К вопросу о традициях и новаторстве в русском зодчестве XVI–XVII веков // Архитектурное наследие. 1979. № 27. С. 29–37.
13. Мильчик М. И., Ушаков Ю. С. Деревянная архитектура русского Севера. Страницы истории. Л.: Стройиздат, 1981. 128 с.
14. Воронин Н.Н. Очерки по истории русского зодчества XVI–XVII веков // Известия ГАИМК. 1934. Вып. 92. С. 75–76.
2. Milonov Yu.K. *Vseobshhaja istorija arhitektury v 12 t.* [General history of architecture in 12 T.]. 1966, V.3, 687 p.
3. Revzina J.E. *Instrumentarij proekta. Ot Al'berti do Skamocci* [Project toolkit. From Alberti to Scamozzi]. Moscow, Monuments of historical thought, 2003. 159 p.
4. Titz A.A. *Zagadki drevnerusskogo chertezha* [Riddles of the Old Russian drawing]. Moscow, Stroyizdat, 1978. 151 p.
5. Paper. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Бумага> (accessed 11 July 2023).
6. Shchedrovitsky G.P. On the initial principles of the analysis of the problem of learning and development within the framework of the theory of activity. *Obuchenie i razvoitie: materialy k simpoziumu APN* [Training and development: materials for the APN symposium]. Moscow, 1996, pp. 91–94. (in Russian)
7. Jones J.K. *Inzhenernoe i hudozhestvennoe konstruirovanie* [Engineering and Artistic Engineering]. Moscow, MIR, 1976. 374 p.
8. Voronin N.N., Rappoport P.A. *Zodchestvo Smolenska* [Architecture of Smolensk]. Leningrad, Nauka, 1979, 178 p.
9. *Povest' vremennykh let. Izbornik* [A tale of bygone years. Isbornik]. Moscow, Fiction, 1969. 68 p.
10. Kyiv-Pechersk Paterik. Available at: [https://azbyka.ru/otechnik/Zhitija\\_svjatykh/kievo-pecherskiy\\_paterik/](https://azbyka.ru/otechnik/Zhitija_svjatykh/kievo-pecherskiy_paterik/) (accessed 11 July 2023).
11. Ilyin M.A. On the professional skills of the Old Russian architect. *Soobshhenija In-ta istorii iskusstv AN SSSR* [Messages of the Art History of the USSR Academy of Sciences], 1958, iss. 12, 158 p.
12. Kostochkin V.V. On the question of traditions and innovation in Russian architecture of the XVI–XVII centuries. *Arhitekturnoe nasledstvo* [Architectural inheritance], 1979, no. 27, pp. 29–37. (in Russian)
13. Milchik M.I., Ushakov Yu.C. *Derevjannaja arhitektura russkogo Severa. Stranicy istorii* [Wooden architecture of the Russian North. History Pages]. Leningrad, Stroyizdat, 1981. 128 p.
14. Voronin N.N. Essays on the history of Russian architecture of the XVI–XVII centuries. *Izvestija GAIMK* [Izvestia GAIMK], 1934, iss. 92, pp. 75–76. (in Russian)

## REFERENCES

1. Vitruvius. *Desjat' knig ob arhitekture* [Ten Books on Architecture]. Moscow, Librocom, 2013. 320 p.

Об авторе:

### СЛАВИНА Татьяна Андреевна

доктор архитектуры, профессор, академик РААСН, профессор-консультант кафедры архитектурного и градостроительного наследия Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-ая Красноармейская, 4  
E-mail: naroma@list.ru

### SLAVINA Tatyana An.

Doctor of Architecture, Professor, Academician of RAASN, Professor Consultant of the Architectural and Urban Development Heritage Chair St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4  
E-mail: naroma@list.ru

Для цитирования: Славина Т.А. Бесчертежное проектирование (русское Средневековье) // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 120–125. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.16.

For citation: Slavina T.A. Drawingless design (russian middle ages). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 120–125. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.16.

# АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



УДК 728.1.012

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.17

**В. П. ГЕНЕРАЛОВ  
Е. М. ГЕНЕРАЛОВА**

## ТИПЫ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КЛАСС ЖИЛЬЯ И НА ФОРМИРОВАНИЕ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЖИЛОЙ СРЕДЫ

TYPES OF RESIDENTIAL BUILDINGS AND THEIR INFLUENCE  
ON THE CLASS OF HOUSING AND ON THE FORMATION OF A COMFORTABLE URBAN  
RESIDENTIAL ENVIRONMENT

В статье затронута проблема создания комфортной, удобной городской жилой среды за счет включения в структуру городской застройки новых для условий России объемно-планировочных решений жилых зданий и комплексов, в том числе multifunctionальных с насыщенной социальной инфраструктурой. Активное внедрение в жилую среду жилых домов и жилых комплексов с обслуживанием формирует современный уровень жилой среды, повышает качество и комфорт проживания за счет включения в их объемно-планировочную структуру необходимого количества обслуживающих элементов. Отмечается, что наиболее рациональным размещением элементов обслуживания является их встраивание в стилобатные части, а также в первые и подземные этажи жилых домов или комплексов. Различные по степени насыщения обслуживающими элементами здания и комплексы формируют новые подходы при решении проблем, связанных как с разработкой и классификацией класса жилья, так и с созданием комфортной, удобной, качественной городской жилой среды. При разработке и определении класса жилья предлагается учитывать влияние основных объемно-планировочных элементов на уровне квартиры, этажа, секции, здания или комплекса, дворового пространства и жилого района в целом как основных факторов, формирующих «стандарт-класс», «класс комфорт», «бизнес-класс» и «элитный класс».

**Ключевые слова:** жилые здания с элементами обслуживания, жилые здания и комплексы со стилобатом, комфортная и удобная жилая среда, класс жилья

The article touches upon the problem of creating a comfortable, convenient urban living environment by incorporating into the structure of urban development space-planning solutions for residential buildings and complexes that are new to Russian conditions, including multifunctional ones with a rich social infrastructure. The active introduction of residential buildings and serviced residential complexes into the living environment forms the modern level of the living environment, improves the quality and comfort of living by including the required number of service elements in their space-planning structure. It is noted that the most rational placement of service elements is their integration into stylobate parts, as well as into the first and underground floors of residential buildings or complexes. Buildings and complexes that differ in the degree of saturation with service elements form new approaches to solving problems associated with both the development and classification of a "housing class" and the creation of a comfortable, convenient, high-quality urban residential environment. When developing and determining the "housing class", it is proposed to take into account the influence of the main space-planning elements at the level of an apartment, floor, section, building or complex, courtyard space and residential area as a whole as the main factors forming the "standard class", "comfort class", "business class" and "elite class".

**Keywords:** residential buildings with service elements, residential buildings and complexes with a stylobate, comfortable and convenient living environment, housing class

Улучшить условия проживания жителей городов за счет создания комфортной городской среды и повышения индекса качества жилой среды – такая задача была поставлена перед Правительством Российской Федерации еще в 2018 г. [1]. На основании Указа № 204 от 7 мая 2018 г. Минстрой России разработал ряд стандартов и проектов, в том числе национальный проект «Жилье и городская среда», в котором заложено пять федеральных проектов, среди которых необходимо особо выделить два: «Жилье» и «Формирование комфортной городской среды». В этих двух проектах, на наш взгляд, должны были быть заложены основные рычаги решения проблемы формирования типологических характеристик жилых домов по уровню комфорта, а также решаться вопросы поиска современных подходов при разработке жилых зданий и комплексов, благодаря которым можно было бы повышать качество и комфортность жилой городской среды [2–4]. Однако этого не происходит из-за недопонимания застройщиками характера влияния типологии жилых, в том числе многофункциональных зданий и комплексов на создание современной жилой среды.

Необходимо отметить, что Министерством строительства и ЖКХ России в 2020 г. была завершена работа по составлению рекомендаций, направленных на выявление показателей качества городской среды, в виде информационно-разъяснительного материала «Руководство по определению первоочередных направлений развития городской среды с помощью индекса качества городской среды». Качество состояния среды предлагается определять по 36 индикаторам, вытекающим из шести критериев: «безопасность», «комфортность», «экологичность и здоровье», «идентичность и разнообразие», «современность и актуальность среды», «эффективность управления». Индикаторы сгруппированы по шести пространствам: «жилье и прилегающие пространства», «улично-дорожная сеть», «озелененные пространства», «общественно-деловая инфраструктура и прилегающие пространства», «общегородское пространство» [5].

В данном исследовании перед авторами была поставлена задача всесторонне рассмотреть и проанализировать многоквартирные типы жилых зданий, активно участвующих в формировании городской среды, особо выделив жилые здания и комплексы, в которых имеются встроенные в них элементы обслуживания. Кроме этого, определить степень влияния таких зданий на комфортность жилой среды, а также на *класс жилья*.

Следует заметить, что классы жилья в России, за исключением одного, законодательно не утверждены. Тем не менее Российская гильдия

риэлторов и Федеральный фонд содействия развитию жилищного строительства (Фонд РЖС) еще в 2012 г. разработали документ «Единая методика классифицирования жилых новостроек по потребительскому качеству (классу)» [6]. В этой методике отмечены отличительные признаки и различные критерии, по которым необходимо подразделять к какому классу жилья можно отнести то или иное построенное здание. Так, при определении класса следует учитывать: несущие ограждающие конструкции, остекление, внутреннюю отделку квартир, инженерное обеспечение, что собой представляет придомовая территория, инфраструктура дома и пр., но все, к сожалению, завуалировано общими фразами и нет конкретных указаний, рекомендаций, согласно которым можно было бы определить класс жилья.

Так, например, инфраструктура дома для «бизнес-класса» по этой методике должна иметь «... широкий набор объектов социальной и коммерческой инфраструктуры с возможностью контроля доступа посторонних лиц, собственная служба эксплуатации». Ничего нет конкретного и по вопросам, касающимся включения объектов инфраструктуры в объемно-планировочную структуру зданий, их номенклатуры, функционального состава, количества, места расположения, возможности доступа жильцов, а также людей, не проживающих в данном здании или комплексе, и многое другое. К сожалению, отсутствуют и какие-либо разъяснения, а также конкретные рекомендации того, что же необходимо понимать под «широким набором объектов социальной инфраструктуры» или под «коммерческой инфраструктурой».

Разработанная в 2012 г. «Единая методика классифицирования...» затрагивает жилье первичного рынка, и в ней даны разумные, на наш взгляд, предложения подразделять жилье на четыре класса: «эконом-класс», «класс комфорт», «бизнес-класс» и «элитный класс». Последний в настоящее время получил еще несколько названий: «премиум класс», «де-люкс», а некоторые застройщики предлагают на сайтах продаж и ряд других названий, что в конце запутывает покупателей жилья в многоквартирных домах.

«Эконом-класс» и «комфорт-класс» согласно методике отнесены к группе массового жилья, а «бизнес-класс» и «элитный класс» относятся к группе повышенного качества, еще его называют престижным жильем. Следует также отметить, что классификация распространяется лишь на многоквартирные вновь строящиеся и реконструируемые жилые здания высотой до 75 м и не распространяется, к сожалению, на

высотное строительство, что теряет саму суть классификации жилья в целом [7, 8].

Вне всякого сомнения, разработанная методика устарела и не соответствует современным требованиям определения как класса жилья, так и его комфортности. В связи с этим комитет по аналитике Российской гильдии риэлторов вышел с инициативой пересмотреть и внести изменения в существующую «Единую методику». Оценив со своих позиций недостатки методики 2012 г., авторы предложили новую редакцию «Стандарта» под прежним названием – «Единая методика классифицирования жилых новостроек по потребительскому качеству (классу)». Этот документ Советом Российской гильдии риэлторов был утвержден 16 апреля 2020 г. По сути, авторы внесли лишь небольшую корректировку в существующую «Единую методику», обосновав это тем, что произошли изменения в законодательно-нормативных актах, действующих технических стандартах и сводах правил РФ [9].

К заслуживающему внимание предложению в измененном документе можно отнести впервые предложенную многовариантность классификации, которая заключается в разделении классов на подклассы. Так, «стандарт-класс» целесообразно, на взгляд риэлторов, делить на три подкласса (*малогабаритный, стандартный и стандарт «плюс»*), а «комфорт-класс» на два подкласса (*комфорт и комфорт «плюс»*). В жилых домах повышенной комфортности дается предложение между «бизнес-классом» и «элитным» ввести «премиум», как промежуточный класс.

К сожалению, в работе над изменениями «Единой методики» принимали участие сертифицированные аналитики-консультанты рынка недвижимости (САКРН). Большой вклад внесли эксперты от Ассоциации риэлторов из различных городов России. Как первый документ, так и вторую редакцию создавали и утверждали в основном риэлторы, поэтому существенных дополнений, уточнений в новой «Единой методике» не произошло, так как к разработке данного документа по-прежнему не были привлечены такие специалисты, как социологи, архитекторы, дизайнеры, грамотные девелоперы.

Что касается изменений, связанных с определением класса жилья, то за последнее десятилетие их произошло достаточно много. Так, с 2018 г. понятие «эконом-класс» отменено и вместо него введено новое – «стандарт-класс». Идея переименования жилья «эконом-класса» принадлежит Игорю Шувалову, который в 2016 г. занимал пост вице-преьера России. По его мнению, термин «экономический класс» звучит унижительно, поэтому речь должна идти

о доступном, стандартном жилье. Законопроект о замене экономического класса на стандартный был принят Госдумой РФ 11 октября 2017 г. Это единственный класс жилья, который официально узаконен в 2020 г. [10].

Из-за отсутствия четких параметров определения тех или иных классов строящегося жилья застройщики совместно с риэлторами при продаже первичного жилья идут на откровенный обман. Покупателям, приобретающим квартиру в строящемся жилом доме, рекламируемом как «бизнес-класс» или «элит» за завышенную цену предлагают обычный «стандарт-класс» [11]. С «легкой руки» риэлторов многие покупатели квартир считают, что чем больше в квартире квадратных метров, чем ближе к центру города, тем выше стандарт жилья. Но это далеко не так.

Обманутые покупатели квартир обращаются в суды на застройщиков, но из-за отсутствия законодательно установленных критериев и различий между классами жилья судьи не могут вынести грамотного решения. В настоящее время комитет по строительству и ЖКХ Госдумы поручил Минстрою Российской Федерации совместно с «Дом. РФ», Федеральной антимонопольной службой (ФАС) разработать и утвердить стандарты для различных классов жилья [12].

Для определения факторов, влияющих на класс жилья, его комфортность, авторами был проведен анализ разнообразных типов жилых домов, активно формирующих городскую застройку в последние годы. В первую очередь были рассмотрены многоквартирные жилые здания, мы их назовем «классического типа»: средней этажности (3-5 этажей), многоэтажные (6-10 этажей) и повышенной этажности (11-24 этажа). То есть такие, в которых объемно-планировочная структура состоит исключительно из квартир, независимо от количества комнат в квартире, общей площади, инженерных систем, оборудования и пр. Определяющим является лишь то, что в них отсутствуют объекты обслуживающего характера [13].

Затем были рассмотрены жилые здания и комплексы, в которые включены элементы социальной инфраструктуры, т. е. элементы обслуживающего назначения, расположенные непосредственно в их объемно-планировочной структуре. Такой тип зданий и комплексов в типологии зданий необходимо называть «*жилые дома или жилые комплексы с элементами обслуживания*» либо «*жилые дома или жилые комплексы с обслуживающими функциями*». К большому сожалению, в ряде статей и творческих работ архитекторы ошибочно называют такие типы зданий, как многофункциональные жилые

дома либо многофункциональные жилые комплексы, что создает большую путаницу в типологической структуре жилых и общественных зданий. И если принять за основу такой подход к зданиям, которые имеют в своей структуре обслуживающие функции, в этом случае в архитектурную типологию следует вводить такие понятия, как: многофункциональная гостиница, многофункциональное офисное здание, многофункциональное общежитие и пр., что в корне неверно и ошибочно.

Необходимо отметить, что жилищная застройка в российских городах в последние годы формируется в основном на их окраинах и состоит из многоэтажных однотипных многосекционных зданий (рис. 1). Как правило, в ней отсутствует необходимая компактность, зачастую появляются ничем не занятые пустыри, нет четкой позиции при решении подземных и надземных пространств, в частности по крытым автомобильным стоянкам, инженерным сетям.

Инженерная, транспортная, как и социальная инфраструктура, которыми должны заниматься муниципальные власти, не поддается никакой критике (рис. 2).

На придомовых территориях отсутствуют места для общения жителей, их отдыха, занятий физкультурой и спортом, за исключением детских площадок, которые в большинстве случаев имеют убогий вид и ограниченный состав элементов для игр и развлечений. Неудобно для жителей решены подходы к подъездам жилых домов. Недостаточно проработана и адаптирована среда для маломобильных групп населения. Из-за отсутствия крытых, в том числе подземных стоянок территории вокруг жилых домов превращаются в одну хаотичную большую парковку (рис. 3).

Внутридомовые проезды заставлены круглые сутки машинами, мешающими передвижению не только людей, но и спецмашин, что

особенно ярко выражено в зимний период, когда из-за выпавшего снега затруднена его уборка, зауживаются проезды [14]. И главное, как в старых, так и в новых жилых районах, застраиваемых многоэтажными жилыми домами, наблюдается дефицит комплекса учреждений обслуживающего характера, который необходим для комфортной, полноценной жизни людей (рис. 4).



Рис. 1. Застройка жилых районов в городах России



Рис. 2. Внутридомовые пространства с полным отсутствием элементов обслуживающего назначения



Рис. 3. Пример застройки жилых районов в Самаре



Рис. 4. Современная застройка жилыми домами без обслуживающих функций в Самаре

Кроме этого, многоэтажная застройка, состоящая в основном из 10- и 24-этажных зданий, получившая название «каменные джунгли» или «человевики», имеет низкий уровень безопасности городской среды, к которой относят социальные, транспортные, экологические, конструктивно-технологические риски, влияющие на жизнь и здоровье людей. К этому следует отнести недостаточную освещенность территорий, криминальные ситуации, аварии инженерных сетей, выбросы вредных веществ, отсутствие возможности своевременно оповещать население о возникших ситуациях и пр.

Жилые здания, в которых отсутствуют элементы обслуживания, не представляют большого интереса. Они не оказывают какого-либо влияния на формирование комфортной жилой городской среды. Их можно отнести к жилым зданиям с «нулевым потенциалом» или «нулевым воздействием» на комфортность, удобство и качество проживания. Из такого типа зданий и формируется антигуманная жилая среда в городах. Но застройщикам выгодно строить подобные дома, так как они не требуют выполнения дополнительных технических условий, они дешевле и проще в строительстве, их легче узаконить. В связи с отсутствием жестких требований со стороны городских властей и желанием построить «успешно продаваемое жилье» составляются, порой вразрез градостроительных условий, технические задания и технический регламент, который облегчает жизнь застройщика [15]. А покупатель ввиду отсутствия на рынке жилья других более лучших вариантов вынужден соглашаться и покупать то, что предлагает застройщик совместно с риэлторами.

Другой тип – это жилые здания, в структуру которых, как было отмечено выше, входят элементы социальной инфраструктуры. В понятие

социальной инфраструктуры были включены не отраслевые объекты и предприятия элементов хозяйственной системы и производственной сферы, а элементы, направленные на организацию и улучшение быта, здоровья человека, гармоничное развитие личности, в том числе с учетом снижения влияния неблагоприятных экологических факторов [16]. Это объекты функционального, обслуживающего характера, удовлетворяющие потребности человека в приобретении и получении важных для жизни услуг, к которым относятся: учреждения торговли (магазины промышленных и продовольственных товаров, универсамы, торговые центры); культурно-просветительские объекты (библиотеки, выставочные залы, музеи, галереи); предприятия общественного питания (рестораны, кафе, бары, столовые); учреждения здравоохранения (больницы, поликлиники, амбулатории, аптеки, диспансеры) и социального обеспечения, досуга и отдыха (клубы, кинотеатры, дома культуры); культовые учреждения (храмы, мечети, церкви, синагоги); предприятия бытового обслуживания (дома быта, ателье, ремонтные мастерские, прачечные, химчистки, бани, сауны); объекты физической культуры и спорта (бассейны, спортклубы, физкультурно-оздоровительные комплексы, спа-салоны, спортплощадки); образования и воспитания (школы, лицеи, колледжи, интернаты, училища, ДОУ, вузы); жилищно-коммунального хозяйства (трансформаторные подстанции, тепловые пункты).

Элементы, входящие в группу социальной инфраструктуры, помимо удовлетворения бытовых потребностей людей, формируют необходимый, достаточный уровень жилой среды, повышающий качественные характеристики комфорта и удобства проживания. Наличие, состав, необходимая концентрация, места их

расположения, качественные характеристики этих элементов, а также доступность оказывают огромное влияние на образ жизни, духовный мир, состояние здоровья человека и многое другое. Кроме этого, характеристики элементов обслуживания создают основные механизмы формирования и определения класса жилья. В связи с этим, на наш взгляд, вопросам проектирования социальной инфраструктуры в жилой среде, включения обслуживающих элементов в объемно-планировочную структуру современных жилых домов, а также жилых комплексов необходимо уделять самое пристальное внимание [17, 18].

С целью получения объективной информации, необходимой для решения проблем, связанных с созданием комфортной жилой городской среды, в рамках магистерских диссертаций проводились и проводятся социологические обследования и опросы различных социальных групп населения. Часть вопросов касается выяснения мнения людей, проживающих в многоквартирных жилых домах, построенных в разное историческое время, по их отношению к наличию и характеру размещения объектов социальности в районе, в котором они проживают. Это позволяет выявить не только необходимый состав различных учреждений здравоохранения, бытового обслуживания, торговли и прочих элементов обслуживающего назначения, но и ошибки, которые допускаются и продолжают допускаться при благоустройстве территорий жилых домов, при упорном нежелании строить крытые автостоянки, зоны отдыха для различных возрастных групп населения, использовать подземные пространства и др.

Ответы респондентов на поставленные вопросы выявляют лишь сложившуюся на сегодняшний момент ситуацию в том или ином районе города, связанную с размещением объектов обслуживания, и, в лучшем случае, если объекты социальности размещены в соответствии с нормативными требованиями, которые, к сожалению, не учитывают складывающуюся разнородную социально-экономическую структуру населения, образ жизни людей. В результате, как правило, наблюдается недостаточное количество необходимых элементов обслуживания, их малая мощность, вместимость, а порой и полное отсутствие на таких объектах складских, санитарно-гигиенических и других помещений, необходимых для их полноценного функционирования.

В связи со сложностями проведения подобных социологических опросов, связанных с нежеланием респондентов порой давать ответы на вопросы анкет, а в последнее время в связи с пандемией COVID-19, которая внесла суще-

ственные изменения в повседневную жизнь людей, в анкетах сокращается количество вопросов и, кроме этого, опробован онлайн-опрос, который относится к бесконтактному сбору информации. Несомненно, в ряде случаев онлайн-опрос облегчает задачу в получении информации, но, к сожалению, он имеет и существенный недостаток, заключающийся в том, что респонденты в основном молодые люди, активно пользующиеся различными гаджетами. Тем самым нет охвата более старшей возрастной группы. Кроме того, опрашиваемые категории людей весьма неоднородны в социально-экономическом плане. Среди них встречаются и обеспеченные люди, и со средним достатком, бедные, инвалиды, пенсионеры и, как уже отмечалось, – молодежь.

В ходе обработки анкет были получены результаты, которые не вызывают сомнений и могут использоваться в исследованиях, касающихся разработки новых типов жилых, общественных и многофункциональных зданий и комплексов, формирующих комфортную, качественную городскую жилую среду. Получила подтверждение и основная гипотеза, касающаяся отношения людей к наличию вблизи жилья различных элементов обслуживания, таких как магазины, аптеки, кафе, парикмахерские, фитнес-клубы, детские сады и пр.

Более того, высказываются мнения не просто о близком расположении элементов обслуживания от жилья или места работы людей, а даются предложения включать их непосредственно в структуру жилых зданий. И некоторые респонденты ссылаются на зарубежный опыт Ближнего Востока, Канады, США, а также ряда азиатских стран, где ведется новое строительство и внедряются новые типы зданий, такие как жилые, многофункциональные здания, жилые здания и комплексы с обслуживанием и пр.

Естественно, при малоэтажной и даже среднеэтажной застройке создавать в первых этажах насыщенную обслуживающими элементами жилую среду экономически нецелесообразно. В жилых районах, застроенных небольшими по высоте зданиями, как правило, в пешеходной доступности организуется небольшой торговый центр с включением обслуживающих функций повседневного спроса. Все другие функции находятся на удалении, что неудобно для пользования и требует больших затрат времени для их посещения (рис. 5). В этом случае возникает вопрос об оценке комфортности среды и к какому классу жилья можно отнести такие здания и застройку в целом. В городах и пригородах появляются жилые районы с массовой типовой застройкой, состоящей из малоэтажных жилых домов, в которой сложно

говорить об удобной и, тем более, комфортной жилой среде. В частности, можно привести пример застройки района «Крутые ключи» в Самаре. Ведь это не шаг в сторону развития и улучшения типологии жилья, жилой среды, а огромный прыжок в сторону и назад.

В средне- и многоэтажной застройке наблюдается небольшое «вкрапление» обслуживающих элементов в структуру самих жилых домов, но основной состав элементов социальной инфраструктуры находится в «центре» микрорайона или жилого района (рис. 6).

При увеличении высотности и, соответственно, увеличении числа жителей в здании или комплексе создаются условия, при которых целесообразно включать для удобного

пользования необходимое количество элементов инфраструктуры. Появляется возможность размещать зоны отдыха, рестораны, обзорные площадки и на различных этажах, а также встраивать в первые и подземные этажи крытые стоянки автомобилей, складские помещения, супермаркеты, универсамы, театры, библиотеки, детские сады и пр. (рис. 7, 8). В связи с этим особую популярность за рубежом приобрели высотные жилые здания и комплексы.

Ранее авторами были проведены исследования, касающиеся анализа построенных за рубежом зданий, в частности в городах Китая, Южной Кореи, ОАЭ, Сингапура, Гонконга, в структуре которых имеются различные элементы обслуживающего назначения для раз-

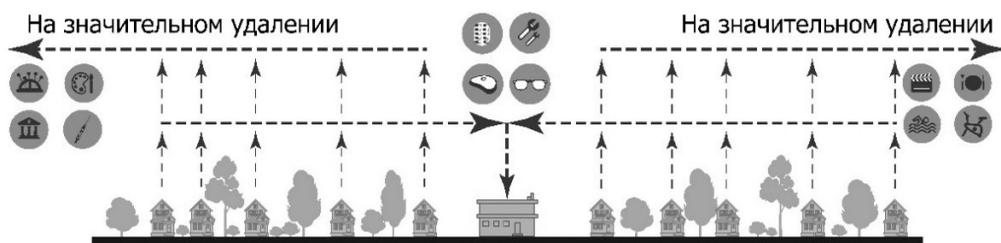


Рис. 5. Схема расположения элементов обслуживания в малоэтажной жилой застройке

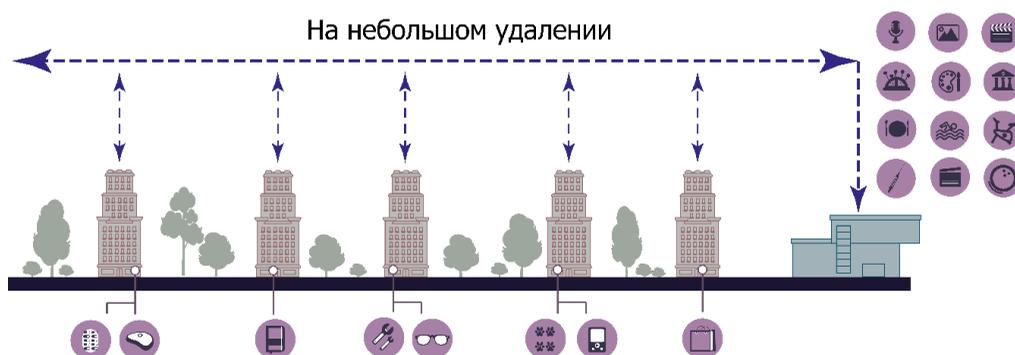


Рис. 6. Схема расположения элементов обслуживания в средне- и многоэтажной жилой застройке

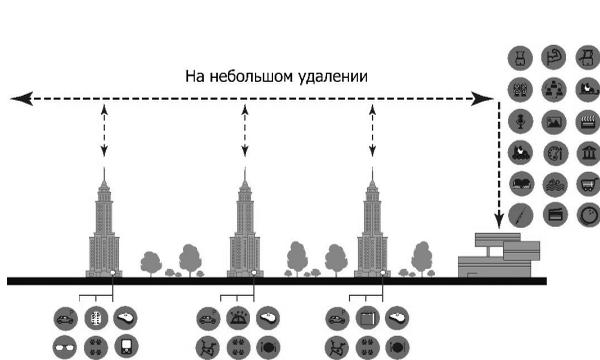


Рис. 7. Схема расположения элементов обслуживания в жилой застройке повышенной этажности

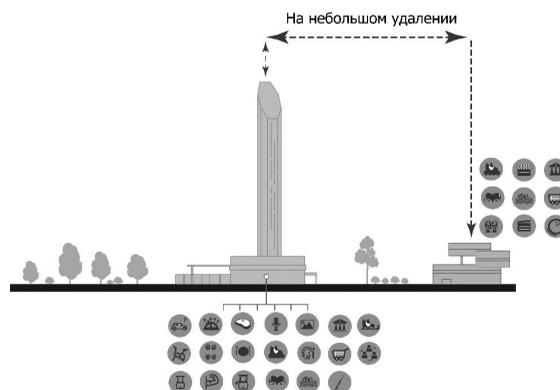


Рис. 8. Схема расположения элементов обслуживания в высотных зданиях и комплексах

ных категорий жителей [19, 20]. Но их состав, мощность и качественные характеристики зависят от множества факторов. В частности, учитывается район строительства, качественный и количественный состав проживающих, степень открытости этого здания или комплекса для транзитных пешеходов и людей, которые проживают рядом, а также ряд других особенностей, позволяющих постоянно с течением времени улучшать комфортность жилой среды. Следует отметить – чем больше размещено различных элементов социальной инфраструктуры непосредственно в здании, тем выше по комфортности и удобству оценивают жители место своего проживания.

Особый интерес вызывают *многофункциональные* высотные здания и комплексы со *стилобатом*, представляющие уникальные объемно-планировочные элементы для создания удобной, комфортной жилой среды. В структуре современных городов получает развитие концепция вертикального урбанизма, когда высотное здание является продолжением городской застройки с включением всех необходимых для комфортной жизни элементов. Это происходит за счет возможности сконцентрировать и удобно разместить в них жилье, офисы, отели во взаимосвязи с различными обслуживающими функциями. При проектировании таких типов зданий возникает достаточно сложная задача организовать удобные связи между различными функциональными элементами, позволяющими, с одной стороны, создать определенную изоляцию между жильцами, офисными работниками, временно проживающими в отеле, с другой – дать возможность всем пользоваться социальной инфраструктурой, которая размещена в структуре здания или комплекса.

В современных высотных, в частности многофункциональных зданиях и комплексах со *стилобатом*, внедряются передовые архитектурные, объемно-планировочные, функциональные, конструктивные, инженерные и другие решения, в результате которых создаются благоприятные условия интеграции в городскую среду разнообразных типологических элементов, способных сформировать наилучшую по качеству и комфортности городскую жилую среду. Особое внимание уделяется местам расположения обслуживающих элементов. Как показывает зарубежный опыт, их размещают в *стилобатовой* части, на нижних уровнях зданий и комплексов, а также рассредоточивают по вертикали, на разных этажах в высотных частях зданий с учетом удобного пользования людьми. Особую значимость приобретают функциональные связи между квартирами и элементами обслуживания, расположенными

ми в структуре здания или комплекса с включением подземных этажей [20]. На стадии проектирования исследуются функциональные связи, внедряются в строительство новые типы инженерных систем и оборудования, особенно это наблюдается в многофункциональных зданиях с включением множества разнообразных функций обслуживающего назначения (рис. 9).

Как показано на рис. 9, а, многофункциональное высотное здание состоит из жилого блока, отеля, офиса и *стилобатовой* части, в которой сосредоточены все элементы обслуживания, необходимые для жителей квартир, работников офисов, а также гостей, проживающих в гостиничных номерах. Крытые стоянки автомобилей для жильцов, работников и посетителей размещены в подземной части, частично могут располагаться и на нижних надземных этажах.

Одной из основных проблем при проектировании многофункциональных высотных зданий являются потоки людей, их адресная и быстрая доставка к элементам обслуживания и отдыха, стоянкам автомобилей, зонам работы и проживания (рис. 9, б). Грамотное, до мелочей продуманное еще на стадии проектирования разделение этих потоков способствует тому, что при эксплуатации не наблюдается каких-либо неудобств в виде пересечений, скоплений людей, их длительного ожидания, что позволяет сокращать время доступности к различным зонам в здании или комплексе.

В отличие от высотных зданий наиболее неудобное размещение элементов обслуживания можно наблюдать в многоэтажных и даже повышенной этажности зданиях и комплексах, в которых такие элементы рассредоточены и, как правило, находятся в уровне первых этажей (рис. 10). Для того чтобы посетить магазин, кафе, аптеку и пр., жителям домов приходится выходить на улицу. Это не совсем удобно, особенно учитывая неблагоприятные природно-климатические условия российских регионов. Такой необходимый элемент, как крытые стоянки для легковых автомобилей, к сожалению, не получает своего достойного решения.

Рассматривая взаимосвязь между наличием, составом обслуживающих функций, их размещением в структуре зданий и классом жилья, можно отметить следующее, что чем выше насыщенность функциональными элементами, чем удобнее связи между этими элементами и квартирами, тем выше класс жилья. Но жилье класса «стандарт», «комфорт», «бизнес» и «элитный», на наш взгляд, зависит не только от наличия, уровня и насыщенности обслуживающими функциями, их доступности, эту проблему необходимо рассматривать в тесной взаимосвязи и в комплексе с объемно-пла-

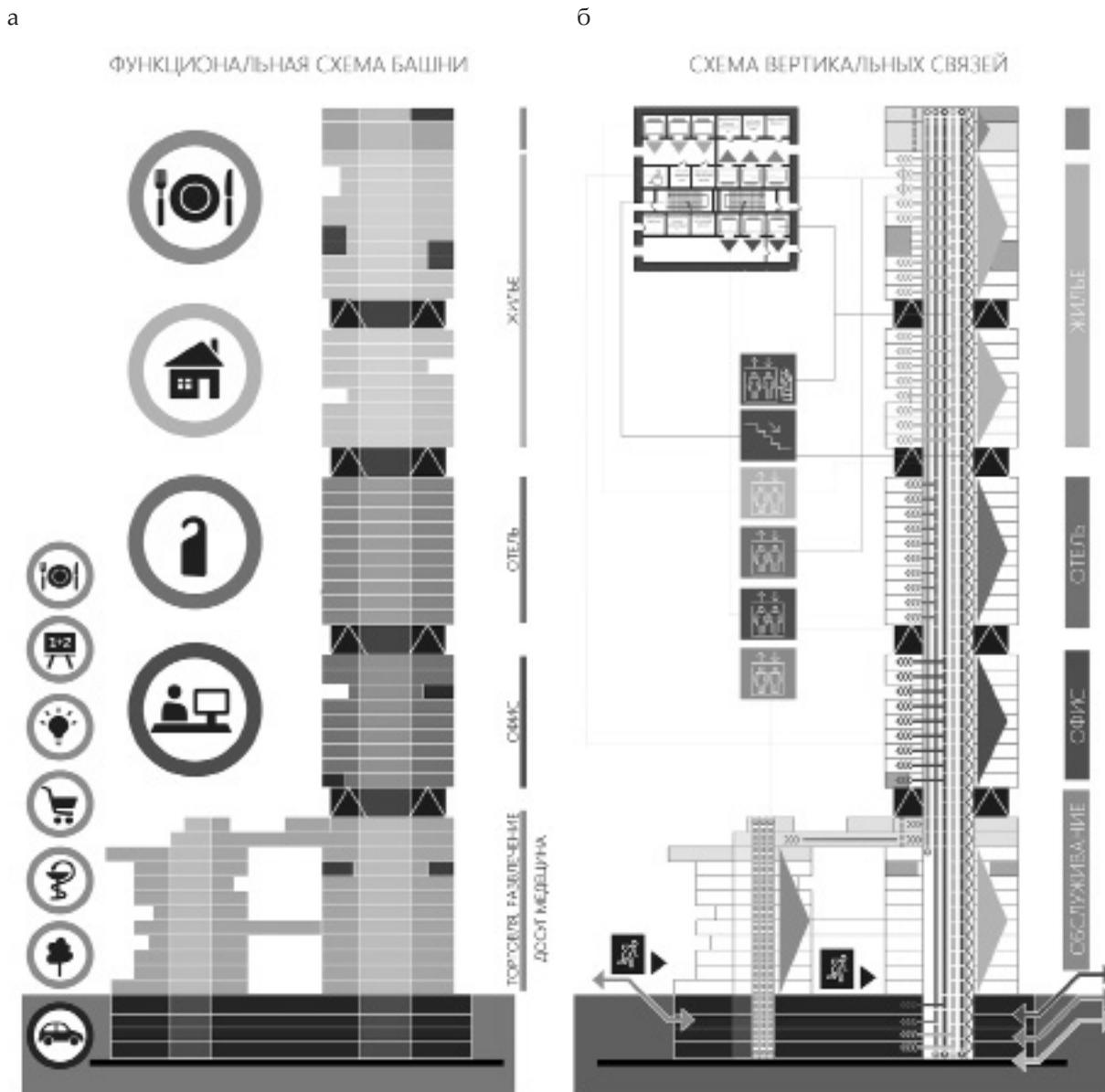


Рис. 9. Схема многофункционального здания со стилобатом:  
 а – вариант размещения функциональных зон и элементов обслуживания;  
 б – взаимосвязь функциональных зон с элементами обслуживания

нировочными элементами, формирующими и определяющими класс жилья (рис. 11).

Как показано на рис. 11, класс жилья необходимо определять не только такому элементу, как квартира, но и решать – соответствует ли тому или иному классу требований жилая среда на уровне этажа, секции, здания или комплекса, а также дворового пространства и жилого района в целом. И только по сумме требований можно определить принадлежность жилья к тому или иному классу. На первый взгляд этот процесс может показаться сложным, тем

не менее, если для каждого объемно-планировочного элемента сформировать и определить еще на стадии проектирования понятные для покупателя и застройщика жилья требования, в этом случае не будет возникать никаких проблем с определением класса жилья.

Для определения четких границ принадлежности жилья к тому или иному классу, необходимо разработать и определить по каждому объемно-планировочному элементу (квартира, этаж, секция, здание или комплекс в целом, дворовое пространство, жилой район)

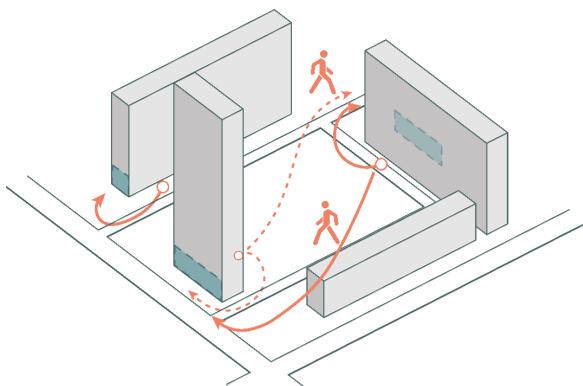


Рис. 10. Схема взаимосвязи квартир и элементов обслуживания в многоэтажных зданиях и комплексах



Рис. 11. Основные уровни, формирующие класс жилья

основные требования, которые должны соответствовать различным классам жилья. К примеру, если взять такой элемент, как квартира, здесь возникает целый ряд вопросов, связанных с определением, к какому классу жилья необходимо отнести следующие типы: квартиры-студии, квартиры-дуплексы, квартиры-лофты, которые по своей структуре отличаются от классического, стандартного типа. Кроме этого, необходимо решать вопросы, связанные с наличием в современных квартирах дополнительных помещений, внутриквартирных связей, количественного и качественного состава инженерного оборудования не только в квартирах, но и в здании.

**Заключение.** Обобщая результаты исследования, можно сформулировать ряд выводов и предложений, которые помогут решить проблемы, касающиеся работ по созданию в Рос-

сии новых типов жилых и многофункциональных зданий с элементами обслуживания:

1. Большинство специалистов-архитекторов, работающих в области поиска новых объемно-планировочных решений жилых и общественных зданий, участвующих в формировании городской застройки, отмечают, что существующая типологическая номенклатура как жилых домов, так и зданий общественного назначения устарела и не работает ни на создание современной, комфортной жилой городской среды на данный момент времени, ни на возможность ее улучшения в перспективе. Работа по поиску современных типов зданий, которые бы решали проблемы комфортной среды давно назрела, но, к сожалению, в России в этом направлении нет никакого продвижения. Строительство массового, доступного жилья ведется по устаревшим представлениям о типах квартир, об образе жизни семей. Отсутствует профессиональный и глубокий анализ того, что наработано за рубежом, в частности в Китае, странах Азии, Ближнего Востока, по вопросам, касающимся влияния различных типов зданий на формирование современной, удобной жилой среды.

2. Типологическое разнообразие жилых домов и комплексов, в том числе многофункциональных со стилобатом, построенных за рубежом, насчитывает достаточно большое количество. Эти типы зданий в застройке городов мира получают наибольшее распространение, так как они создают комфортную, удобную и качественную для жизни современную жилую среду. Но данные типы зданий и комплексы разрабатываются и строятся в странах, имеющих свои социально-экономические, природно-климатические и прочие условия, существенно отличающиеся от российских. Необходимо создать условия для поиска и разработки «своей», российской типологии, которая бы полностью соответствовала достойному образу жизни людей. От своевременного решения и внедрения в городскую среду новых типов жилых зданий, имеющих качественное жилье, во многом зависит демографическая ситуация в стране, здоровье нации, развитие российского общества.

3. На рынке жилой недвижимости давно назрела проблема, связанная с разработкой четких параметров и отличительных особенностей различных классов жилья, по которым можно было бы отличить один класс от другого. Переработанная в 2020 г. Российской гильдией риэлторов «Единая методика классифицирования жилых новостроек по потребительскому качеству (классу)», в которой показаны отличительные признаки и критерии класса жилья,

вне всякого сомнения, устарела. Этот документ требует тщательной доработки, с включением в него новых критериев и пояснений для более четкого определения принадлежности жилых домов к различным классам жилья. При этом особое внимание необходимо уделить наличию и составу элементов инфраструктуры, расположенных непосредственно в самих зданиях или комплексах. А также рассмотреть функциональные связи между квартирами и обслуживающими элементами. Отмечая недостатки «Единой методики», необходимо отметить и ее положительные моменты. В частности, на наш взгляд, необходимо сохранить названия классов жилья, которые были предложены: «стандарт-класс», «класс комфорт», «бизнес-класс», «элитный класс» с включением и возможным дополнением и делением на подклассы (стандарт «плюс», комфорт «плюс», «премиум» и др.)

4. Следует отметить, что классы жилья тесно связаны с комфортностью городской среды, которая должна быть равноуровневой, равнообразной и соответствовать определенному «классу». В зависимости от наличия в структуре здания или комплекса обслуживающих элементов, их состава, количества, системы доступности и пользования проживающими можно определить качественные характеристики жилой городской среды, которые непосредственно влияют и на класс жилья.

5. Насыщая различные типы домов, комплексов объектами социальной инфраструктуры, грамотно решая их состав, номенклатуру, доступность к этим объектам, тем самым мы повышаем качество жизни людей, качество жилой среды. Чем больше элементов обслуживания будет находиться непосредственно в жилом или многофункциональном здании, тем наиболее сильное влияние будет оказываться на формирование структуры, на статус того или иного «класса жилья». Наличие инфраструктуры позволит оценить, насколько это здание улучшает или понижает комфортность жилой среды не только жильцам этого дома или комплекса, но и проживающим в непосредственной близости. При определении характера объектов социальной инфраструктуры необходимо подразделять их по востребованности, количественному и качественному составу в зависимости от социально-экономической структуры проживающих.

Создавая свою, российскую классификацию жилых домов и комплексов по степени включения в их объемно-планировочную структуру элементов социальной инфраструктуры, определенным образом можно решить проблему и с классификацией «стандарта жилья». Вопрос стандартизации жилья дав-

но назрел и требует скорейшего решения, так как в настоящее время нет четкого понимания того, какие жилые дома необходимо относить к классу «стандарт», а какие к классу «комфорт», «бизнес» или «элит». Попытки риэлторов решать эту проблему пока ни к чему не приводят, так как они полностью поглощены получением своей и, в том числе, застройщиков финансовой сиюминутной выгоды, которая идет от продажи жилых квадратных метров. И здесь необходимо видеть коренные изменения в отношении государства к проблемам финансирования жилья, регулирования соотношения государственного, муниципального и частного, с увеличением государственного сектора, к жесткому контролю над количеством комнат в квартире и пр.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. URL: <https://mvd.consultant.ru/documents/1056500?items=1&page=1> (дата обращения: 14.06.2023).
2. Федеральный проект «Формирование комфортной городской среды» [Электронный ресурс]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/50262/> (дата обращения: 14.06.2023).
3. Стандарт комплексного развития территорий [Электронный ресурс]. URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsiyu-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/> (дата обращения: 16.06.2022).
4. Национальный проект «Жилье и городская среда» [Электронный ресурс]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/natsionalnye-proekty/natsionalnyy-proekt-zhilye-i-gorodskaya-sreda/> (дата обращения: 14.06.2022).
5. Руководство по определению первоочередных направлений развития городской среды с помощью индекса качества городской среды [Электронный ресурс]. URL: [https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/133/rukovodstvo\\_index\\_compressed.pdf](https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/133/rukovodstvo_index_compressed.pdf) (дата обращения: 16.06.2022).
6. Стерник Г.М., Стерник С.Г. Единая методика классификации жилых объектов по потребительскому качеству (классу). 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://realtymarket.ru/metodi-eskie-materiali/edinaya-metodika-klassifikacii-jilix-obektov-po-potrebitelskomu-kachestvu-estvu-klassu.html> (дата обращения: 7.07.2023).
7. Генералов В.П., Генералова Е.М. Высотное строительство – путь к созданию удобной, комфортной и современной городской жилой среды // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: мат-лы Всерос. науч.-метод. конф. / Оренбургский государственный университет. 2017. С. 658–662.
8. Семикин П.П. Высотные здания как платформы для экспериментов // Особенности архитектуры и конструирования высотных зданий: сб. трудов. /

Московский государственный академический художественный институт имени В.И. Сурикова при Российской академии художеств. 2017. С. 158–166.

9. Единая методика классифицирования жилых новостроек по потребительскому качеству (классу). Новая редакция от 16 апреля 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://rgr.ru/content/1b74a594b22611eba047b4b52f561288/> (дата обращения: 11.08.2023).

10. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29 апреля 2020 года № 237/пр. «Об утверждении условий отнесения жилых помещений к стандартному жилью» (Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов) [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=362709> (дата обращения: 11.06.2023).

11. Стандарт, комфорт, бизнес, элит, премиум: о чем говорит «статус» ЖК [Электронный ресурс]. URL: <https://news.ners.ru/standart-komfort-biznes-ELIT-premium-o-chem-govorit-status-zhk.html> (дата обращения: 21.06.2023).

12. В России предложили создать стандарты классов жилья [Электронный ресурс]. URL: <https://iz.ru/1324313/mariia-perevoshchikova/chto-vkliucheno-v-rossii-predlozhili-sozdat-standarty-klassov-zhilia> (дата обращения: 18.05.2023).

13. Жданова И.В. Инновационные подходы к повышению качества серийной жилой застройки // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сб. ст. / СамГТУ. 2017. С. 54–58.

14. Малышева Е.В. Анализ зарубежного опыта проектирования автостоянок, встроенных в жилые комплексы // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сб. ст. Самара, 2019. С. 464–468.

15. Старосек А.К. Содержание политических механизмов формирования комфортной городской среды в городских поселениях (на примере Омской области) // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25, № 4. С. 61–74.

16. Вавилова Т.Я. Принципы устойчивого развития – основа повышения качества жилых и общественных зданий в Самарской области // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сб. ст. Самара, 2022. С. 374–382.

17. Макарова М.Н., Воронина Л.Н. Доступность объектов социальной инфраструктуры в микрорайонах города как фактор формирования экономического потенциала населения // Демографический потенциал стран ЕАЭС: VIII Уральский демографический форум. Т. II. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2017. С. 134–139.

18. Гиясов Б.И. Влияние развития инфраструктуры городов на жилую среду // Вестник МГСУ. 2012. № 4. С. 17–21.

19. Генералов В.П., Генералова Е.М. Об истории строительства социального жилья в Сингапуре // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2016. № 19. С. 121–125.

20. Генералова Е.М., Генералов В.П. Формирование типологии стилобатов высотных зданий в соответствии с принципами транзитно-ориентированного проектирования // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 2 (39). С. 100–108. DOI: 10.17673/Vestnik. 2020.02.14.

21. Храбатина Н.В., Пусный Л.А., Дубино А.М. Освоение подземного пространства мегаполисов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 1. С. 61–64. DOI: 10.12737/article\_5a5dbf083529a8.09766561.

## REFERENCES

1. Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2018 N 204 “On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024”. Available at: <https://mvd.consultant.ru/documents/1056500?items=1&page=1> (accessed 14 June 2023).

2. Federal project “Formation of a comfortable urban environment”. Available at: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/50262/> (accessed 14 June 2023).

3. Standard for the integrated development of territories”. Available at: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territorii/> (accessed 16 June 2022).

4. National project “Housing and urban environment”. Available at: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/natsionalnye-proekty/natsionalnyy-proekt-zhilye-i-gorodskaya-sreda/> (accessed 14 June 2022).

5. Guidelines for identifying priority areas for the development of the urban environment using the urban environment quality index. Available at: [https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/133/rukovodstvo\\_index\\_compressed.pdf](https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/133/rukovodstvo_index_compressed.pdf) (accessed 16 June 2022).

6. Sternik G.M., Sternik S.G. A unified methodology for classifying residential objects by consumer quality (class). 2012. Available at: <http://realtymarket.ru/metodi-eskie-materiali/edinaya-metodika-klassifikacii-jilix-obektov-popotrebitel'skomu-ka-estvu-klassu.html> (accessed 7 July 2023).

7. Generalov V.P., Generalova E.M. High-rise construction is the way to create a convenient, comfortable and modern urban living environment. *Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovaniya, nauki i kul'tury: mat-ly Vseros. nauch.-metod. Konf.* [University complex as a regional center of education, science and culture: mat-ly Vseros. scientific-method. Conf.]. 2017, pp. 658–662. (In Russian).

8. Semikin P.P. High-rise buildings as platforms for experiments. *Osobennosti arhitektury i konstruirovaniya vysotnyh zdaniy: sb. tr. / Moskovskij gosudarstvennyj akademicheskij hudozhestvennyj institut imeni V.I. Surikova pri Rossijskoj akademii hudozhestvo* [Features of architecture and construction of high-rise buildings: sat. tr. / Moscow State Academic Art Institute named after V.I. Surikov at the Russian Academy of Arts]. 2017, pp. 158–166. (In Russian).

9. Standard. “A unified methodology for classifying residential buildings by consumer quality (class)”. New edition April 16, 2020. Available at: <https://rgr.ru/content/1b74a594b22611eba047b4b52f561288/> (accessed 11 August 2023).

10. Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation of April 29, 2020 N 237 / pr. "On approval of the conditions for classifying residential premises as standard housing". Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=362709> (accessed 16 June 2023).

11. Standard, comfort, business, elite, premium: what does the "status" of the residential complex indicate. Available at: <https://news.ners.ru/standart-komfort-biznes-elit-premium-o-chem-govorit-status-zhk.html> (accessed 16 June 2023).

12. In Russia, it was proposed to create standards for housing classes. Available at: [https://www.domofond.ru/statya/standart\\_komfort\\_biznes\\_elit\\_premium\\_o\\_chem\\_govorit\\_status\\_zhk\\_/101334](https://www.domofond.ru/statya/standart_komfort_biznes_elit_premium_o_chem_govorit_status_zhk_/101334) (accessed 21 June 2022).

13. Zhdanova I.V. Innovative approaches to improving the quality of serial residential development. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i dizajn: sb. st. / SamGTU* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and design: Sat. Art. /SamGTU]. 2017, pp. 54–58. (In Russian).

14. Malysheva E.V. Analysis of foreign experience in designing parking lots built into residential complexes. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i dizajn: sb. st. / SamGTU* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and design: Sat. Art. /SamGTU]. 2019, pp. 464–468. (In Russian).

15. Starosek A.K. The content of political mechanisms for the formation of a comfortable urban environment in urban settlements (on the example of the Omsk region). *Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Trans-Baikal State University], 2019, vol. 25, no. 4, pp. 61–74. (In Russian)

16. Vavilova T.Y. The principles of sustainable development are the basis for improving the quality of residen-

tial and public buildings in the Samara region. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i gradostroitel'stvo: sb. st.* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and Urban Planning: Sat. Art.]. Samara, 2022, pp. 374–382. (In Russian).

17. Makarova M.N. Accessibility of social infrastructure facilities in the city's microdistricts as a factor in the formation of the economic potential of the population. *Demograficheskij potencial stran EAJeS: VIII Ural'skij demograficheskij forum. T. II. Ekaterinburg: Institut jekonomiki UrO RAN* [Demographic potential of the EAEU countries: VIII Ural Demographic Forum. T. II. Yekaterinburg: Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences]. 2017, pp. 134–139. (In Russian).

18. Giyasov B.I. The impact of urban infrastructure development on the living environment. *Vestnik MGSU* [Bulletin MGSU], 2012, no. 4, pp. 17–21. (in Russian)

19. Generalov V.P., Generalova E.M. About the history of social housing construction in Singapore. *Vestnik Volzhskogo regional'nogo otdeleniya Rossiyskoy akademii arhitektury i stroitel'nykh nauk* [Bulletin of the Volga Regional Branch of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences], 2016, no. 19, pp. 121–125. (in Russian)

20. Generalova E.M., Generalov V.P. Formation of typology of stylobates of high-rise buildings in accordance with the principles of transit-oriented design. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2020, vol. 10, no. 2 (39), pp. 100–108. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.14

21. Khrabatina N.V., Pusny L.A., Dubino A.M. Development of underground space of megacities. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova* [Bulletin of V.G. Shukhova BSTU], 2018, no. 1, pp. 61–64. (in Russian) DOI: 10.12737/article\_5a5dbf083529a8.09766561

Об авторах:

#### **ГЕНЕРАЛОВ Виктор Павлович**

кандидат архитектуры, профессор, заведующий кафедрой архитектуры жилых и общественных зданий Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: vp\_generalov@mail.ru

#### **ГЕНЕРАЛОВА Елена Михайловна**

кандидат архитектуры, профессор кафедры архитектуры жилых и общественных зданий Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: generalova-a@yandex.ru

#### **GENERALOV Viktor P.**

PhD in Architecture, Professor, Head of the Architecture and Residential and Public Buildings Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: vp\_generalov@mail.ru

#### **GENERALOVA Elena M.**

PhD in Architecture, Professor of the Architecture and Residential and Public Buildings Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: generalova-a@yandex.ru

Для цитирования: Генералов В.П., Генералова Е.М. Типы жилых зданий и их влияние на класс жилья и на формирование комфортной городской жилой среды // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 126–138. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.17.

For citation: Generalov V.P., Generalova E.M. Types of residential buildings and their influence on the class of housing and on the formation of a comfortable urban residential environment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 126–138. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.17.

Е. Д. ЕНЮТИНА

## ИНТЕРАКТИВНЫЕ АРТ-ОБЪЕКТЫ КАК СИСТЕМЫ АТТРАКТОРОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

INTERACTIVE ART OBJECTS AS SYSTEMS OF ATTRACTORS OF THE URBAN ENVIRONMENT

*Исследуется возможность применения арт-объектов в качестве системы аттракторов городской среды. Представлены результаты исследований возможности влияния интерактивных арт-объектов через художественно выразительные средства на восприятие и формирование современного городского пространства. Результаты исследования позволяют сделать вывод, что у общества с каждым годом повышается спрос на высокохудожественную среду. Размещение интерактивных арт-объектов в городской среде оправдывает себя с экономической точки зрения, способствует формированию и развитию эстетического вкуса населения, позволяет привлечь внимание граждан на социально значимые темы.*

**Ключевые слова:** арт-объект, художественный подход, городская среда, интерактивность, аттрактор, дизайн среды

Одним из важных критериев оценки качества и функциональности городского пространства является применение системы точек притяжения – аттракторов, которая обеспечивает насыщение различными новыми функциями городскую ткань. Можно провести аналогию с фрактальной системой, которая обязательно характеризуется наличием аттрактора. Тогда понятие «аттрактор» в контексте городской среды может рассматриваться как «пространственный», «временной» или «пространственно-временной» [1, 2].

Современной городской среде часто не хватает стимулирующих или вдохновляющих пространств и объектов для взаимодействия с окружением. В этом контексте интерактивные арт-объекты могут повысить интенсивность общественной жизни путем создания определённой атмосферы вовлечённости в происходящее и взаимодействия с городским пространством [3, 4]. Основная цель таких художественных вмешательств заключается в том, чтобы дать людям возможность через активное участие в интерактивной игре привлечь их внимание к происходящим изменениям в социальной сфере, экологии, экономике и т. д.

Так, в 2014 г. канадский дизайнерский коллектив Les Astronautes выиграл конкурс фести-

*The possibility of using art objects as a system of attractors of the urban environment is investigated. The results of research on the possibility of the influence of interactive art objects through artistic means on the perception and formation of modern urban space are presented. The results of the study allow us to conclude that the demand of society for a highly artistic environment is steadily growing. The placement of interactive art objects in an urban environment justifies itself from an economic point of view, contributes to the formation and development of the aesthetic taste of the population, allows citizens to draw attention to socially significant topics.*

**Keywords:** art object, artistic approach, urban environment, interactivity, attractor, environment design

валя публичного искусства Les Passages Insolites на создание арт-объекта в пространстве между двух ограничивающих поверхностей соседних зданий (рис.1). По всей длине прохода были смонтированы деревянные панели с отверстиями, через которые проделали сотни розовых и оранжевых аквапалок для бассейна. Схема раскладки была разработана с помощью программного обеспечения Grasshopper и Rhino.

Контраст с историческим окружением помог людям заново открыть для себя это место. Большое количество цветных аквапалок создали сверхъестественную атмосферу, переносящую в совершенно другой мир. Посетители, проходившие сквозь инсталляцию, могли взаимодействовать с пространством.

### Основные принципы использования интерактивных арт-объектов в формировании городских пространств

Необходимо учитывать особые предпосылки, которые влияют на успех того или иного арт-объекта в городской среде: характер пространства, социальная атмосфера, культурная среда, расположение инсталляции в пространстве, доступность инсталляции и ее окружение, взаимосвязь между инсталляцией и другими

архитектурными объектами [5]. Не менее важным условием является время, отведенное для индивидуального восприятия и активного участия в конкретном сценарии [6].

Огромную популярность в мире приобрели интерактивные арт-объекты, в разработке которых применяются *принципы использования новых технологий цифровых изображений для повышения аттрактивности среды* [7]. Продвижение инновационных технологий значительно способствует вовлечению общественности. Непредсказуемые визуальные эффекты, более интеллектуально сложные схемы представляют собой наиболее привлекательные интерактивные инсталляции для привлечения внимания [8, 9]. Именно поэтому работа Антонина Фурно «Граффити из воды и света» во Франции завоевала популярность во многих странах мира (рис. 2). Светодиоды встроены в чувствительную к влаге поверхность, окруженную медной лентой, которая действует как проводник, когда на нее попадает вода. Любой желающий может рисовать на стене кистью, распылителем или даже просто влажными пальцами. Как только вода испаряется, свет гаснет и остаётся «чистый холст» для кого-то другого.

Формирование интерактивных арт-объектов часто основывается на *принципе сценарного подхода к формированию среды («среды-события»)* – явления временного, происходящего в момент проведения разного рода мероприятий, разработанных по сценарию, с привлечением зрителей и применением необходимого

оборудования [10]. В данном случае необходимо учитывать композиционные особенности объекта проектирования, специфику процессов происходящего действия и необходимое для этого техническое оснащение.

Примером может служить разработанный в 2018 г. дизайнерами Карсон Смэтс, Ноа Юнс и Джесси Хизер интерактивный арт-объект «Нейронная аллея» (рис.3). В переулке на торцах зданий по обе стороны были размещены «холсты» с разноцветными деревянными кубиками, имитирующими пиксели. Прохожие взаимодействовали с инсталляцией, переставляя «пиксели»: создавали различные изображения, оставляли друг другу послания, фотографировались на её фоне и даже проводили различные мероприятия (устраивали прием Санта-Клауса, временный кинотеатр, делали предложения руки и сердца и т. п.). На протяжении шести месяцев камеры фиксировали происходящие события. Затем оцифрованный каталог был доступен для общественности в режиме онлайн.

Не меньший интерес представляют собой интерактивные арт-объекты, при разработке которых применяется *принцип провокации в дизайне архитектурной среды*. Для «возбуждения» активности общества, привлечения внимания к существующим проблемам, мотивации субъектов к преодолению сложившихся стереотипов применяются различные провокационные приемы, переосмысленные и реализованные через художественно выразительные средства.



Рис. 1. Интерактивный арт-объект дизайн-коллектива Les Astronautes. Канада. 2014 год.

Источник: <https://www.dezeen.com/2014/10/13/les-astronautes-delirious-frites-pool-noodles-installation-quebec/>  
(дата обращения: 10.02.2023)

Таким образом, архитекторы и дизайнеры в своих работах часто заявляют об экологических, экономических, политических и других проблемах. Чтобы привлечь внимание управляющих органов г. Остина в штате Техас к сохранению общественных пространств в центре города и препятствовать высотной застройке, которая изменит характер и масштаб город-

ской структуры, архитекторы Дэн Читам и Мишель Тарсни создали интерактивную инсталляцию под названием «20 футов в ширину» (рис. 4). Своей работой они хотели подчеркнуть особенность места, показать его утилитарную красоту и изменить восприятие пространства.

Авторов на создание проекта вдохновило детское рукоделие: цветная бечевка «связыва-



Рис. 2. Интерактивный арт-объект «Граффити из воды и света». Автор Антонин Фурно. Франция. 2012 год. Источник: <https://medium.com/interviews-and-articles-on-art-public-spaces/enhancing-our-outdoor-spaces-through-interactive-public-art-1ce2b674eb43> (дата обращения: 25.02.2023)

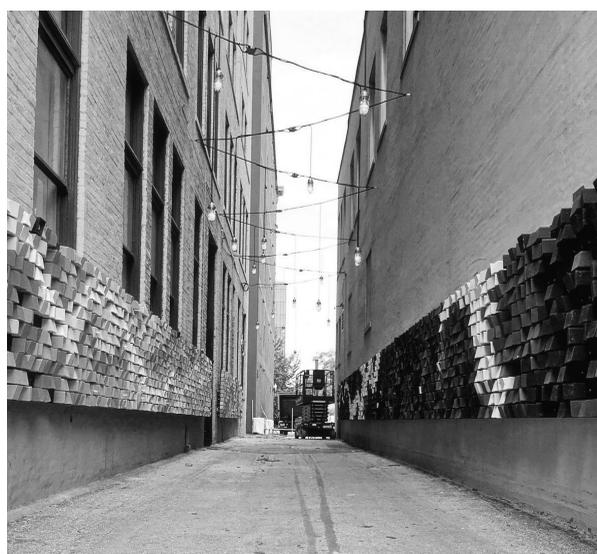


Рис. 3. Интерактивный арт-объект «Нейронная аллея». Авторы: К. Смэтс, Н. Юнс, Д. Хизер. США. 2018 год. Источник: <https://www.synthetic.space/synthetic/neural-alley/> (дата обращения: 13.02.2023)

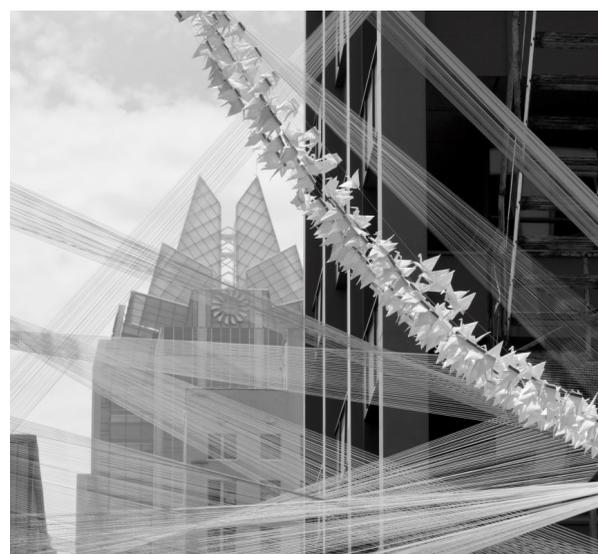


Рис. 4. Интерактивный арт-объект «20 футов в ширину». Авторы: Д. Читам и М. Тарсни. США. 2013 год. Источник: <https://www.artallianceaustin.org/20ft-wide> (дата обращения: 13.02.2023)

ет» архитектурные элементы, создавая лёгкость и невесомость, а ещё сильнее этот эффект подчёркивают фигурки бумажных журавлей, выполненные вручную местными детьми. Идея была взята из древней японской легенды, в которой говорится о том, что у того кто сложит тысячу журавликов-оригами исполнится его желание. Возникшие цветные слои изменили форму пространства и обеспечили постоянно меняющуюся перспективу по мере продвижения в нём. Вместе эти элементы закладывают новую основу для жизнедеятельности людей.

Архитекторы хотели вдохновить жителей быть творческими и смелыми, а также простимулировать и поддержать социальное и эмоциональное развитие молодежи посредством вовлечения в интерактивное взаимодействие с городским пространством. Таким образом, удалось привлечь внимание к этому месту, способствовать обсуждению его роли в городском пространстве, создать новые возможности для его использования.

### Особенности размещения интерактивных арт-объектов в архитектурном пространстве

Размещение арт-объектов в городском пространстве способствует его гармонично эстетическому развитию. По местонахождению в структуре города их можно разделить на объекты для камерных малых пространств, для коллективных пространств, для общественных пространств, предназначенных для мегапространств (площадей, больших обозримых пространств города) [11].

В связи с тем, что интерактивные арт-объекты в большей степени рассчитаны на контакт и осмотр с близкого расстояния, то предпочтительно выбирать для размещения камерные пространства по типу «ниша» («карманное» пространство, ограниченное с трех сторон) или «угол» (пространство сформировано двумя пересекающимися поверхностями) [11,12].

Соблюдение условий наилучшего восприятия интерактивного арт-объекта является одним из важнейших требований при размещении в городской среде [13]. В исследованиях метода моделирования открытых архитектурных пространств в городской среде Е.О. Смоленская делает акцент на значимости большинства мест «только в той мере, в которой мы их воспринимаем. Каждый объект, нами воспринимаемый, существует как во времени, так и в пространстве. Объект редко может быть охвачен с одной точки зрения во всей своей полноте, и воспринимается он скорее посредством потока впечатлений» [14].

Интерактивные арт-объекты выступают как аттракторы в городской среде и служат ориентирами. Благодаря грамотному размещению интерактивных арт-объектов в пространстве формируются «места притяжения», создаются определенные опорные и видовые точки [15]. Архитектор или дизайнер с помощью художественно-выразительных средств может контролировать траекторию движения и взгляда человека, менять визуальные границы, влиять на формирование пространства [16].

**Вывод.** Двустороннее взаимодействие между арт-объектом и общественностью является важным атрибутом интерактивного искусства, отличающего его от других форм. Интеграция художественной концепции в городскую среду поможет человеку развить художественное мышление, положительно повлиять на психологическое состояние, создать новую систему ценностей, изменить образ мышления и поведения [16]. Для гармоничного и устойчивого развития общества необходимо создать высококачественную среду обитания. Интерактивные арт-объекты, в отношении общего развития культурного состояния общества, способны выполнять ряд различных функций: воспитательную, знаковую, постановочную, рекреативную, познавательную и др.

Так, применение художественных средств при проектировании городской среды даёт возможность воспитать в зрителе чувства прекрасного и приобщить его к ценностям культуры, способствует воспитанию вкуса и повышению интеллектуального уровня. Интерактивный арт-объект как аттрактор способен притягивать большое количество людей, позволяет быстрее приспособиться и адаптироваться в новой городской среде, лучше ориентироваться, создать психологически благоприятную среду [17]. Сегодня современное общество всё больше нуждается в создании высокохудожественной среды, разработке информативного и функционального городского пространства, что, как показывает время, оправдывает себя с экономической точки зрения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Монахова Л. П. Стилевые приоритеты и культура повседневной реальности в проектном мышлении второй половины XX века // Проблемы дизайна-6. М.: НИИ теории и истории изобразительных искусств РАХ, 2011. С. 56–57.
2. Urbanowicz K., Nyka L. Media architecture and interactive art installations stimulating human involvement and activities in public spaces // CBU International conference on innovations in science and education. 2016. P. 591–596. DOI:10.12955/cbup.v4.819.

3. Витюк Е. Ю. Городская среда как арт-объект // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 364. С. 43–48. EDN PGPEEZ.
4. Yingting Z. Research on the Trend of Interaction Design in Public Art // Proceedings of the 6th International Conference on Arts, Design and Contemporary Education. 2020. P. 530–534. DOI:10.2991/assehr.k.210106.103.
5. Ефимов А.В. Дизайн архитектурной среды. М.: Архитектура-С, 2004. 504 с.
6. Куклев Н. А., Цибер Л.Б. Арт-объекты в современной городской среде как театральное пространство диалога // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн : сборник статей [Электронный ресурс] / под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, Е.А. Ахмедовой. Самара: СамГТУ, 2018. С. 281–284. EDN VKSAXW.
7. Енютина Е. Д. Особенности художественного подхода к формированию современной городской среды: дис. ... канд. арх. Н.Новгород, 2015. 200 с.
8. Щепетков Н.И. Световой дизайн города. М.: Архитектура-С, 2006. 320 с.
9. Фарсинг С. Искусство. Всемирная история. М.: Магма, 2014. 576 с.
10. Шимко В.Т. Архитектурно-дизайнерское проектирование городской среды. М.: Архитектура-С, 2006. 384 с.
11. Крашенинников А.В. Жилые кварталы. М.: Высш. шк., 1988. 87 с.
12. Медведев М.А. Взаимодействие интерактивных арт-практик с городской средой // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. 2010. № 2. С. 81–84.
13. Смоленская Е.О. Архипространства в системе современного урбанизированного города // Градостроительство и архитектура. 2011. Т.1, № 1. С. 16–20. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.3.
14. Смоленская Е.О. Метод моделирования открытых архитектурных пространств в городской среде (на примере города Самары): дис. ... канд. арх. Н.Новгород, 2004. 200 с.
15. Нefeldov В.А. Городской ландшафтный дизайн. СПб.: Любавич, 2020. 320 с.
16. Ожегов С.С. История ландшафтной архитектуры. М.: Архитектура-С, 2004. 100 с.
17. Гельфонд А.Л., Дуцев М.В. Архитектурно-художественный синтез как средство диалога // Приволжский научный журнал. 2010. № 4 (16). С. 147–153.
18. Михайлов С.М. Дизайн городской среды как вид синтетической деятельности. Исторический аспект // Дизайн Ревю. 2011. № 1. URL: <https://design-review.net/index.php?id=219&number=1&show=article&year=2009> (дата обращения: 05.05.2023).
19. *i istorii izobrazitel'nyh iskusstvo RAH* [Design-6 issues. M.: Research Institute of Theory and History of Fine Arts of the Russian Academy of Arts], 2011, pp. 56–57. (in Russian)
20. Urbanowicz K., Nyka L. Media architecture and interactive art installations stimulating human involvement and activities in public spaces. CBU International conference on innovations in science and education. 2016. P. 591–596. DOI:10.12955/cbup.v4.819
21. Vityuk E. Yu. Urban environment as an art object. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University], 2012, no. 364, pp. 43–48. (in Russian)
22. Yingting Z. Research on the Trend of Interaction Design in Public Art. Proceedings of the 6th International Conference on Arts, Design and Contemporary Education. 2020. P. 530–534. DOI:10.2991/assehr.k.210106.103
23. Efimov A.V. *Dizajn arhitekturnoj sredy* [Architectural Environment Design]. Moscow, Architecture-C, 2004. 504 p.
24. Kuklev NA, Tsiber LB Art objects in a modern urban environment as a theatrical space of dialogue. *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, SamGTU, 2018, pp. 281–284. (In Russian).
25. Enyutina E.D. Osobennosti hudozhestvennogo podhoda k formirovaniyu sovremennoj gorodskoj sredy. Cand. Diss. [Features of the artistic approach to the formation of a modern urban environment. Cand. Diss.]. Nizhny Novgorod, 2015. 200 p.
26. Shepetkov N.I. *Svetovoj dizajn goroda* [City Light Design]. Moscow, Architecture-C, 2006. 320 p.
27. Farsing S. *Iskusstvo. Vsemirnaja istorija* [World History]. Moscow, Magma, 2014. 576 p.
28. Shimko V.T. *Arhitekturno-dizajnerskoe proektirovanie gorodskoj sredy* [Architectural and design design of urban environment]. Moscow, Architecture-C, 2006. 384 p.
29. Krashennnikov A.V. *Zhilye kvartaly* [Residential quarters]. Moscow, Higher school, 1988. 87 p.
30. Medvedev M.A. Interaction of interactive art practices with the urban environment. *Akademicheskij vestnik URALNIIPROEKT RAASN* [Academic Bulletin URALNIIPROEKT RAASN], 2010, no. 2, pp. 81–84. (in Russian)
31. Smolenskaya E.O. Archiprospace in the system of modern urbanized city. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2011, vol. 1, no. 1, pp. 16–20. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.3
32. Smolenskaja E.O. *Metod modelirovaniya otkrytyh arhitekturnyh prostranstv v gorodskoj srede (na primere goroda Samary)*. Cand. Diss. [The method of modeling open architectural spaces in an urban environment (using the example of the city of Samara). Cand. Diss.]. Nizhny Novgorod, 2004. 200 p.
33. Nefeldov V.A. *Gorodskoj landshaftnyj dizajn* [Urban landscape design]. St. Petersburg, Lubavić, 2020. 320 p.

## REFERENCES

1. Monakhova L.P. Style priorities and culture of everyday reality in project thinking of the second half of the 20th century. *Problemy dizajna-6*. M.: NII teorii

16. Ozhegov S.S. *Istorija landshaftnoj arhitektury* [History of Landscape Architecture]. Moscow, Architecture-C, 2004. 100 p.

17. Gelfond AL, Dutsev M.V. Architectural and artistic synthesis as a means of dialogue. *Privolzhskij nauchnyj zhurnal* [Volga Scientific Journal], 2010, no. 4(16), pp. 147–153. (in Russian)

18. Mikhailov S.M. Urban environment design as a type of synthetic activity. Historical aspect. *Dizajn Revju* [Design Revue], 2011, no. 1. Available at: <https://design-review.net/index.php?id=219&number=1&show=article&year=2009> (accessed 05 May 2023).

Об авторе:

**ЕНЮТИНА Екатерина Дмитриевна**

кандидат архитектуры, доцент кафедры дизайна  
Самарский государственный технический университет  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: e.enutina@mail.ru

**ENYUTINA Ekaterina D.**

PhD in Architecture, Associate Professor  
of the Design Chair  
Samara State Technical University  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244  
E-mail: e.enutina@mail.ru

Для цитирования: Енютинa Е.Д. Интерактивные арт-объекты как системы аттракторов городской среды // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 139–144. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.18.

For citation: Enyutina E.D. Interactive art objects as systems of attractors of the urban environment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 139–144. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.18.



## ЦЕНТР «ЭНЕРГОСБЕРЕЖИВНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»



**Повышение энергетической эффективности зданий и сооружений и оптимизация работы систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения; исследование теплофизических характеристик строительных и теплоизоляционных материалов; разработка новых инженерных методов теплофизического расчета строительных ограждающих конструкций; разработка нормативной документации по расчету и проектированию строительных ограждающих конструкций**

**Юрий Серафимович ВУТЧИКОВ**  
кандидат технических наук

443001, г. Самара, Молодогвардейская, 194  
(846) 339-14-76, 339-14-55  
[git.2008@mail.ru](mailto:git.2008@mail.ru)

А. А. КУЗНЕЦОВА

## ВЫЯВЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА АРХИТЕКТУРУ ЗДАНИЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ИНДИИ)

REVEALING THE FEATURES OF INTERNATIONAL SECONDARY EDUCATION SYSTEMS AND THEIR INFLUENCE ON THE ARCHITECTURE OF BUILDINGS OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS (ON THE EXAMPLE OF INDIA)

*Получение среднего образования является обязательным во всем мире. Реализация данной образовательной ступени происходит в школьных зданиях, различных по вместимости и типу. Представляется целесообразным изучить особенности образовательных систем крупнейших стран и их влияние на архитектуру школьного здания, с последующей систематизацией схожих и отличительных черт с российской типологией школьных зданий, с целью поиска оптимальных вариантов ее трансформации в ответ на изменение внешних влияющих факторов. В статье рассматриваются особенности развития системы образования в Индии с акцентом на среднюю ступень. Анализируются действующие регламентирующие документы, приводятся наиболее характерные примеры школьных зданий. Освещается вопрос по развитию цифрового образования в стране.*

**Ключевые слова:** архитектура школ, среднее образование, функциональная структура, проектирование, цифровизация

Система образования в различных странах зависит от многих факторов. В первую очередь это демографические, социально-экономические, этнические, исторические. В становлении архитектурной типологии объектов образования важную роль играют климатические факторы. Объекты образования в архитектуре – это сложные, зачастую многофункциональные здания и сооружения, которым необходима систематизация и классификация. В разных странах своя система образования, включающая в себя дошкольное, начальное, общее среднее образование, а также профессиональное и высшее. Особый интерес в аспекте анализа типологии представляют объекты начального/общего среднего образования (школы), так как они охватывают наибольшее число детей определенной страны. Систематизация объектов в основном опирается на следующие критерии: тип школы, вместимость, пешеходно-транспортная доступность, функциональная насыщенность, образовательная направленность. Особый интерес представ-

*Secondary education is compulsory all over the world. The implementation of this educational level takes place in school buildings of various sizes and types. It seems appropriate to study the features of the educational systems of the largest countries and their impact on the architecture of the school building with the subsequent systematization of similar and distinctive features with the Russian typology of school buildings in order to find the best options for its transformation in response to changes in external influencing factors. The article discusses the features of the development of the education system in India with an emphasis on the middle level. The current regulatory documents are analyzed, the most typical examples of school buildings are given. The issue of the development of digital education in the country is highlighted.*

**Keywords:** school architecture, secondary education, functional structure, design, digitalization

ляет выявление причин возникновения той или иной системы зданий, их изменчивость и трансформация под влиянием факторов, характерных для определенной страны. Для понимания этих процессов представляется целесообразным проанализировать существующие системы образования в крупнейших странах с целью выявления их сходства и различия с российской классификацией объектов образования (в частности зданий образовательных организаций, реализующих среднее образование). Школьные здания – это наиболее регламентируемый объект в российской архитектурно-строительной отрасли. В процессе проектирования необходимо учитывать санитарно-гигиенические, строительные, педагогические требования. Проектирование объекта образования осуществляется на основании существующей типологии, основанной в первую очередь на вместимости (мощности) объекта и его типе.

Подробный анализ системы образовательных объектов в крупнейших странах позволит

выявить наиболее важные классификационные признаки, присущие и российской системе, а также понять в каком направлении можно трансформировать существующую классификацию с целью ее адаптации к изменчивости внешних факторов. В данной работе внимание будет уделено изучению особенностей индийской образовательной системы, анализу нормативных требований и современных примеров проектирования школьных зданий, выявлению направлений изменения типологии с целью дальнейшей корреляции полученных данных в отношении российской системы объектов образования. В исследовании будет использован метод структурного анализа, основанный на изучении общей системы образования, внешних факторов, оказывающих наибольшее влияние на ее становление, функциональной насыщенности и объемно-планировочных особенностей объектов индийских школьных зданий.

Индия – это крупнейшая страна Южной Азии с населением около 1,4 млрд человек. Индийская образовательная система, одна из крупнейших и сложных систем образования в мире, насчитывает более 1,5 млн школ и более 260 млн школьников. Индия разделена на 28 штатов и 7 так называемых «союзных территорий». В каждом штате страны есть собственный Департамент образования. С 1976 г. влияние отдельных штатов на образование регулируется национальной организацией (Национальным советом по исследованиям и обучению в области образования (NCERT), которая определяет национальную структуру учебной программы. Но каждый штат имеет значительную свободу в реализации системы образования [1].

Школы, дающие начальное образование, составляют 56,58 % от общего числа школ в Индии. Учащиеся в возрасте от 6 до 14 лет имеют право на бесплатное и обязательное образование в соответствии с Законом «О праве детей на бесплатное и обязательное образование» 2009 года (RTE). В Индии около 10 тыс. государственных школ, осуществляющих начальное образование. Но эти школы находятся в очень плохом

состоянии, в некоторых из них отсутствуют даже элементарные удобства, такие как электричество и вода [2]. Уровень образования внутри страны очень разный. Так, среди взрослого населения до сих пор встречаются люди, не умеющие ни писать, ни читать. Власти Индии всеми силами стремятся поднять образовательный уровень граждан, поэтому каждый совершеннолетний работающий житель платит 3 % от своих доходов в пользу образовательной системы [2, 3].

В Индии один из самых высоких уровней расслоения общества и классового неравенства. Хотя с 1950-х гг. система каст официально отменена, однако ее тысячелетние традиции не так легко искоренить из сознания людей. Правительство Индии старается сделать образование доступным для всех слоев населения. Наряду с бесплатными школами, есть платные. Платные укомплектованы современным оборудованием: парты, компьютеры, интерактивные доски, бассейн, теннисный корт. В бесплатных школах обстановка и инвентарь гораздо скромнее, а во многих сельских школах занятия и вовсе проводятся на полу: ребята по-турецки сидят вокруг учителя [2].

Школьная система в Индии имеет четыре ступени: начальная младшая (от 6 до 10 лет), начальная средняя (11 и 12 лет), старшая средняя (от 13 до 15 лет) и высшая средняя (16 и 18 лет). Учащиеся должны изучать общую учебную программу до окончания средней школы. На уровне старшей средней школы возможна некоторая специализация (табл. 1).

Учащиеся по всей стране должны изучать три языка (английский, хинди и свой родной язык), за исключением регионов, где хинди является родным языком [2]. Как и в России, в Индии есть различные образовательные программы для школ. Их действие распространяется не только на содержание учебного материала, но и на архитектурную структуру объекта и его функциональную насыщенность. И это представляет определенный интерес, так как в российской практике различные педагогические методики реализуются в однотипной образова-

Таблица 1

Школьная система в Индии [2]

| Категория         | Возрастная группа, лет | Уровни/классы |
|-------------------|------------------------|---------------|
| Дошкольная        | 3–5                    | Детский сад   |
| Начальная младшая | 6–10                   | 1-4/5         |
| Начальная средняя | 11–12                  | 5-7           |
| Старшая средняя   | 13–15                  | 8-9           |
| Высшая средняя    | 16–18                  | 10-12         |

тельной среде, за исключением единичных частных примеров школьных зданий. Необходимо подчеркнуть, что структура школьных зданий в России прошла определенный этап типового проектирования, в итоге сформировав достаточно насыщенную обязательную функциональную структуру образовательного объекта.

Деятельность большинства государственных школ в Индии регулирует Центральный совет среднего образования (CBSE). Школы, находящиеся под влиянием данной организации, изначально предназначались для детей государственных служащих, которых периодически переводят в разные регионы страны, и дети могут переходить из школы в школу в течение года. В этих школах один предмет (обществознание, состоящий из истории, географии и обществоведения) всегда преподается на хинди, а другие предметы – на английском.

Вторая структура, регулирующая среднее образование в Индии, – это индийский аттестат о среднем образовании (ICSE), эквивалент кембриджскому аттестату. Данная структура руководит большинством частных школ в Индии. В дополнение к вышесказанному, существует относительно небольшое количество школ, которые следуют иностранным учебным программам, например так называемый Senior Cambridge. Как правило, это очень дорогие школы-интернаты, куда некоторые индийцы, работающие за границей, отправляют своих детей. Обычно у них великолепная инфраструктура, низкое соотношение учеников и учителей и очень мало студентов [3].

В каждом штате существует три типа школ: государственные, частные и субсидированные (часть затрат на строительство инвестору компенсирует государство). Такая же система есть и в России. Достаточно сильное влияние руководство штатов на образовательную программу привело к тому, что в Индии появились «новаторские» штаты, внедряющие в систему инновационные решения и улучшающие инфраструктуру школ. Керала является одним из таких штатов [3, 4]. В школах данного региона впервые были введены уроки информатики на уровне средней школы, а на данный момент все предметы школьной программы преподаются с помощью информационных технологий. Таким образом, в структуре школьных зданий появляются классы информатики и дополнительное материально-техническое обеспечение. Инициативу штата подхватило правительство Индии, и на данный момент этот подход распространяется во многих школах.

Строительство школьных зданий в Индии, так же как и в России, ведется на основе нормативных документов, но они носят более

рекомендательный характер, хотя существует несколько правил в отношении минимальных требований, установленных аффилированными органами и Национальным строительным кодексом. Также соблюдение определенных требований при строительстве школьного здания позволит в дальнейшем получить членство CBSE / ICSE [3].

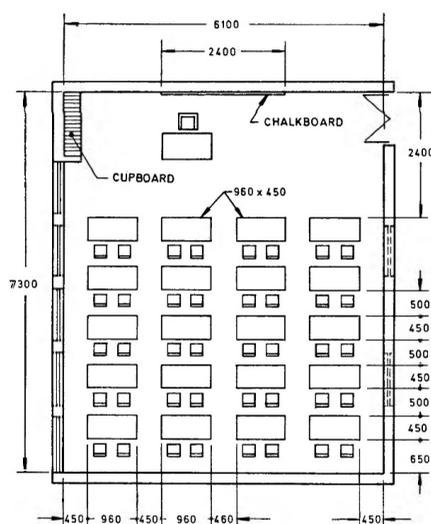
В соответствии с индийскими стандартами классная комната начального класса должна быть рассчитана на 20–25 учеников, а для всех старших возрастных классов – не более 40 учеников (максимум 45 учеников в ICSE). Минимальные требования к площади пола на одного учащегося в классе составляют 2 м<sup>2</sup> в дошкольных учреждениях, 1,11 м<sup>2</sup> в начальной школе и 1,26 м<sup>2</sup> в старшей средней школе, в то время как CBSE предписывает минимум 1 м<sup>2</sup> площади на одного учащегося в школе. Согласно индийским стандартам, 0,2 м<sup>2</sup> площади на одного учащегося должны быть отведены под туалеты [3, 4]. В индийских рекомендациях не определяется расстояние от школьного объекта до жилой территории (пешеходная доступность), тогда как в России она составляет 500 м при комплексном освоении территории. Критериями для выбора участка под строительство школьного здания являются: стоимость земли, наличие подъездных или пешеходных путей и территориальное позиционирование в сложившейся сельской или городской структуре. На основании действующего Устава CBSE школа, претендующая на присоединение, должна обладать следующей функциональной насыщенностью и объемно-планировочными параметрами:

- классная комната – минимальный размер должен быть 8 x 6 м. На каждый класс должно быть по одной комнате. Минимальная площадь помещения должна быть не менее 1 м<sup>2</sup> на человека;
- научная лаборатория (объединенная для средней школы и/или отдельные по физике, химии и биологии для старшей средней школы) – минимальный размер должен быть 9 x 6 м каждая и должны быть полностью оборудованы;
- библиотека – минимальный размер должен быть 14 x 8 м, с читальным залом и другими ресурсами для удовлетворения потребностей учащихся в школе;
- компьютерная лаборатория – минимальный размер компьютерной лаборатории должен составлять 9 x 6 м;
- помещения для внеклассных занятий – либо отдельные помещения для занятий музыкой, танцами, искусством и спортом и т. д., либо один универсальный зал достаточного размера для всех этих занятий;

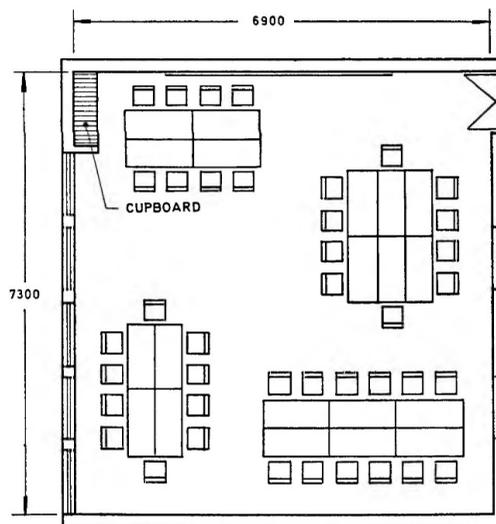
▪ лаборатория должна быть минимум одна, если численность учащихся в школе до 800 человек. На каждые дополнительные (до) 800 учеников необходима еще одна лаборатория (рис. 1).

В индийской школе должен быть обеспечен питьевой режим и гигиеничные туалеты на каждом этаже с умывальниками для мальчиков и девочек отдельно. Туалеты для первоклассников должны быть отделены от других туалетов. Для сотрудников необходимы отдельные туалеты [3–5]. Также регламентируются требования к коммуникативным общешкольным пространствам. В соответствии с Национальными строительными нормами (NBC) 2016 г. минимальная ширина коридоров в чистоте долж-

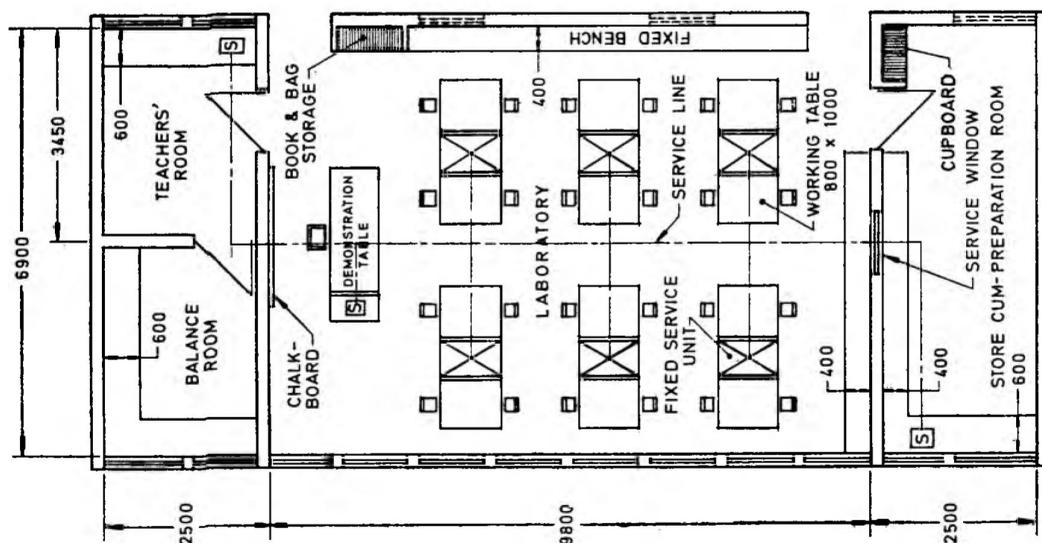
на составлять 2,0 м, максимальное расстояние между входами в здание 30 м. Расстояние до выхода должно быть минимальным. Количество выходов определяется в зависимости от типа занятости. Национальный строительный кодекс Индии предполагает, что все здания высотой 15 м и выше, а также здания, используемые в качестве учебных, имеющие площадь более 500 м<sup>2</sup> на каждом этаже, должны иметь как минимум две лестницы [4]. В состав функциональной структуры индийского школьного здания входят следующие блоки: учебные помещения, административные зоны, вспомогательные зоны и зоны отдыха. Особое внимание при проектировании уделяется учету климатического комфорта (защита от экстремальных погодных



Учебный класс для начальной средней школы



Учебный класс для старшей средней школы



Учебная лаборатория

Рис. 1. Примеры планировок учебных и специализированных помещений в индийских школах [2]

условий, противопожарная защита). Каждая проектируемая школа должна использоваться как объект двойного назначения: общественно-досуговый центр или аварийное убежище на время стихийных бедствий. Уровень входа должен быть приподнят относительно уровня земли, чтобы в сезон дождей не происходило подтопления. Также должна быть обеспечена хорошая дренажная система. Школьные здания рекомендуется проектировать в один этаж. Второй этаж может быть построен в будущем, когда потребуется дальнейшее расширение. Здание должно быть обращено на юг, чтобы солнечный свет мог проникать в помещение зимой и не проникать летом [4, 5].

Для классификации школьных зданий в определенной стране используется критерий вместимости. Существует несколько национальных и международных стандартов для определения размера различных помещений в школах на одного обучающегося. Основываясь на этих стандартах, определяют потребность в пространстве для школ различной вместимости (табл. 2). Вместимость школ обычно рассчитывается на основе широкой статистики населения, т. е. процент населения в разных возрастных группах будет определять количество объектов образования каждой категории (детские сады/дошкольные учреждения, начальная школа, средняя школа, старшая средняя школа) [4, 5].

При соблюдении вышеперечисленных требований школьные здания в Индии имеют схожие черты в планировочной организации: I тип, тип L, T, U, тип E и H (рис. 2).

Таким образом, основываясь на анализе действующих строительных стандартов и государственных регламентов в Индии, можно заключить, что в стране существует четкая струк-

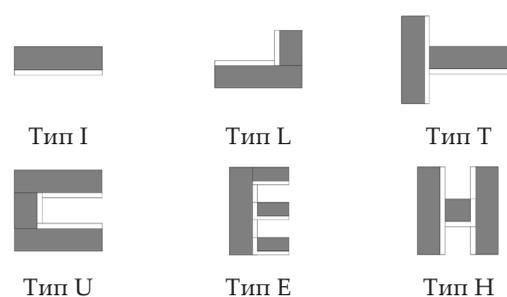


Рис. 2. Рекомендованные планировочные варианты школ в Индии

тура образования, общее среднее образование начинается с 6 лет и заканчивается в 17 лет. Школы должны иметь членство в одном из советов CBSE / ICSE, это зависит от функционального состава помещений. Школьные здания могут быть различной формы собственности (государственные, частные, субсидированные). Отсутствуют требования к транспортной доступности объекта (нет регламента по предельно допустимому расстоянию от жилья до школы). Объект образования в Индии должен быть многофункциональным: выполнять функцию общественного центра или убежища при чрезвычайной ситуации. При этом не предполагается наличие дополнительных помещений, а перепрофилирование существующих в неучебное время. Несмотря на некоторую независимость штатов в плане выбора стратегии образования, в системе среднего образования наблюдается единая тенденция при строительстве школьных зданий. Для более подробного анализа учета нормативных требований и регламентируемой функциональной структуры были рассмотрены наиболее информативные примеры школьных зданий в Индии.

Таблица 2

#### Нормы площади на одного учащегося в Индии, м<sup>2</sup> [1]

| Вместимость | Пространство на 1 чел. для начальной школы | Вместимость | Пространство на 1 чел. для средней школы | Вместимость | Пространство на 1 чел. для старшей школы |
|-------------|--|-------------|--|-------------|--|
| 880         | 1.75<br>(2.36)                             | 880         | 2.37<br>(3.20)                           | 480         | 3.42<br>(4.61)                           |
| 1320        | 1.61<br>(2.17)                             | 1320        | 2.09<br>(2.80)                           | 720         | 2.87<br>(3.87)                           |
| 1760        | 1.52<br>(2.00)                             | 1760        | 1.92<br>(2.60)                           | 960         | 2.53<br>(3.41)                           |
| 2200        | 1.42<br>(1.91)                             | 2200        | 1.82<br>(2.45)                           | 1200        | 2.41<br>(3.25)                           |

Школа в Калькутте общей площадью 15000 м<sup>2</sup> построена в 2015 г., частной формы собственности, входит в совет ICSE (ученики получают кембриджский аттестат по окончании). Состоит из двух учебных корпусов (младшая и средняя школа). Каждый блок имеет 6 этажей. Классные комнаты, лаборатории и другие помещения сгруппированы вокруг внутренних дворов. Структура школы относится к типу I, блоки располагаются под небольшим углом лицом друг к другу и разделены активной игровой зоной. На территории школы есть бассейн. Фасад состоит из 488 панелей армированного волокном пластика (FRP) размером 3,2 x 3,2 м, которые окаймляют каждый из двух учебных блоков. Было разработано 13 различных панелей с комбинацией маленьких и больших букв алфавита, цифр и символов. Они были размещены в различных направлениях для достижения случайного эффекта на фасаде. Таким образом, проектировщикам удалось добиться дополнительной защиты от солнечной радиации. Внутренний двор младших классов дополнительно спроектирован для размещения детской площадки (игровой площадки), а внутренний двор для старшей школы разделяет зону входа и зал для семинаров (рис. 3). Здание школы используется как общественный центр во внеучебное время [6].

Следующим рассматриваемым объектом является школа общей площадью 6200 м<sup>2</sup>, расположенная в г. Пуне, штат Махарадж. Этот школьный кампус для разных образовательных ступеней (начальной и средней) включает блок общежития и учебные помещения.

Расположен на холмистой местности в виде отдельных корпусов, соединенных пешеходными связями. Этот проект представляет собой школу-интернат с совместным обучением по учебной программе CBSE, в которой обучается 240 учащихся в год (т. е. несколько меньше, чем средняя наполняемость индийской школы без проживания). Жилой комплекс состоит из 10 общежитий, 5 квартир-студий для учителей, кабинета директора и помещения студенческого центра. Учебный кластер состоит из 14 учебных аудиторий, 3 лабораторий, 2 учительских и 2 туалетных блоков. Предусмотрен центр общественного питания со столовой и соответствующими помещениями для обслуживания. В объемно-планировочном решении кампус состоит из одно-двухэтажных корпусов (одноэтажные корпуса – это служебные помещения, двухэтажные – учебные и жилые). В этом проекте применены принципы пассивной зеленой архитектуры. Здания расположены с учетом перепада рельефа, имеют небольшой объем и разные отметки до верха выступающих конструкций, тем самым создается естественное затенение (рис. 4). Толстые двойные стены создают эффект природного кондиционирования. Световые люки в крыше позволяют максимально использовать полезное дневное освещение [7].

В Объемно-планировочное решение школы в г. Ахмедабад в штате Гуджарат представлено в типе L. Площадь участка 28704 м<sup>2</sup>. В структуре здания присутствуют административные функции, учебные помещения для начальной, общей средней и старшей образовательной степени. В каждом классе 40 человек, что обеспечивает

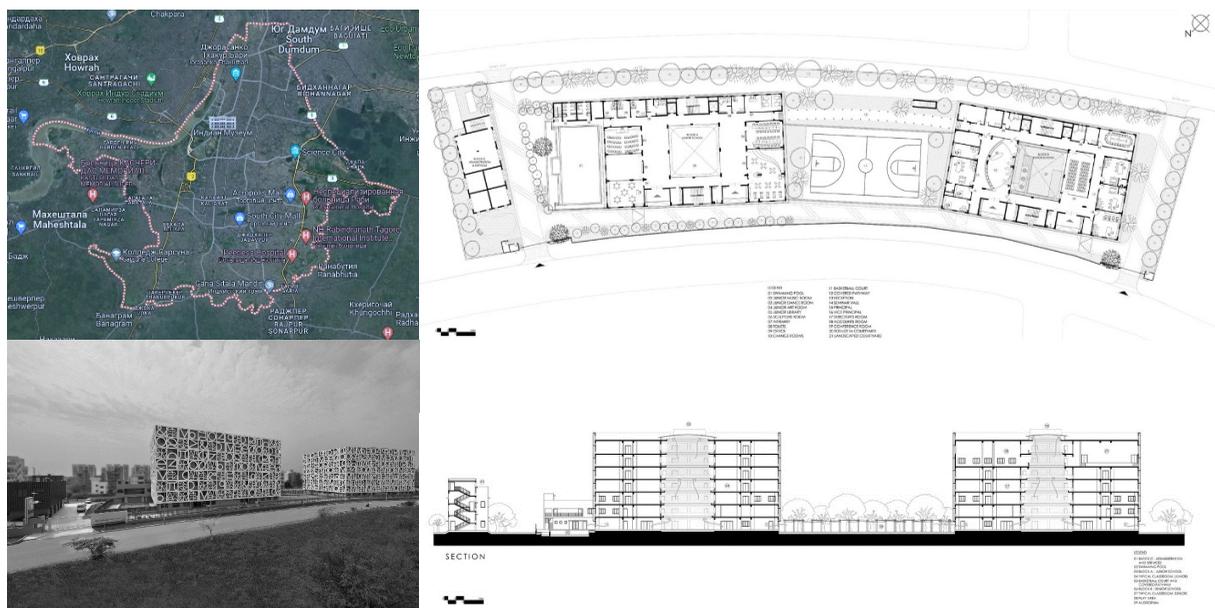


Рис. 3. Школа в районе Ньютаун, Калькутта, Индия [6]



Рис. 4. Школьный кампус в г. Пуна, штат Махарадже, Индия [7]

вместимость 1200 учеников. Школа имеет базовую вспомогательную инфраструктуру, такую как лаборатории, компьютерный центр, столовая, актовый зал и т. д. Ориентация встроенных форм фасадного решения с большими отверстиями, обращенными в северном направлении, исключает прямое воздействие резкого солнечного света и обеспечивает достаточное количество непрямого естественного света и перекрестную вентиляцию, что является хорошим приемом учета чрезмерного климатического воздействия на внутреннюю среду здания [8]. Водоем, расположенный с подветренной стороны, обеспечивает температурный буфер и подавляет перегрев ограждающей конструкции (рис. 5).

Школа Махариши Видья Мандир – это школьное здание CBSE в Периамете, Ченнаи. Школа рассчитана примерно на 2400 детей, построена в 2019 г. Участок строительства расположен в Периамете, в окружении многоквартирных жилых домов, ветеринарного колледжа, коммерческих магазинов и стадиона имени Джавахарлала Неру. Форма школьного здания – тип Е. Большая часть участка выходит на восток и запад. Преобладающее направление ветра юго-восточное. Площадь здания была предусмотрена с учетом преобладающего направления ветра. Функциональная

структура объекта состоит из жилого блока, помещений детского сада и основной средней школы (рис. 6). Окна учебных классов сориентированы на север и юг. Все классы освещены естественным светом. Для снижения шума из коридора создана буферная зона шириной 750 мм, которая использовалась для хранения книг и школьных сумок. Пространство над буфером оснащено окнами, что обеспечивает перекрестную вентиляцию помещения [9].

На основе анализа наиболее информативных примеров современных школ в Индии можно сделать вывод о том, что развитой функциональной структурой обладают объекты с проживанием (школы-интернаты или кампусы), в каждом объекте учтены климатические особенности региона строительства. При визуальном анализе возможно установить тип школьного здания, рекомендованный действующими строительными нормами. Вместимость объектов различна и напрямую зависит от плотности окружающей застройки. В объектах вместимостью 1200 человек комбинируются учебные помещения для различных образовательных ступеней, но при этом помещения столовой, универсального зала не дублируются.

Изменения в образовании напрямую связаны с изменением внешних средовых факторов.



Пандемия COVID-19, вызванная распространением коронавируса SARS-CoV-2, стала основным катализатором, показавшим неравномерность охвата средним образованием детей в Индии. Этот аспект стал одной из тем на Всемирном Экономическом Форуме 2022 года. Инициатива «Образование 4.0 Индия» направлена на использование технологий Четвертой промышленной революции для улучшения обучения и уменьшения неравенства в Индии и во всем мире [10–13].

Цифровое обучение может эффективно решить эти проблемы и гарантировать получение образования для каждого. С этой целью в результате сотрудничества экспертов Всемирного экономического форума, Детского фонда ООН (ЮНИСЕФ) и YuWaah (Generation Unlimited India) была разработана инициатива «Образование 4.0 Индия». Основной целью является обеспечение молодежи Индии возможностями участвовать в постоянно развивающемся глобальном рабочем пространстве. Работа над Инициативой стартовала в 2020 г. и объединила более 40 специалистов из разных областей (образование, административные структуры и заинтересованное сообщество), которые работали по четырём направлениям на всех этапах образования в Индии (от детского сада до двенадцатого класса): улучшение базовой грамотности, повышение квалификации учителей, школьная профориентация, цифровизация образовательного пространства.

Для улучшения четырех основных направлений проработана программа «Learning and Education (KINDLE)», подразумевающая использование цифровых и сопутствующих им технологий. Внедрение в образовательный процесс языковой практики, пересказа, интерактивного контента, флип-книг позволит улучшить базовые образовательные навыки не только детей, но и их родителей. Второе направление – повышение квалификации – будет развиваться путем улучшения качества подготовки учителей, укрепления мотивации к профессиональному развитию, а также вовлечения к разработке образовательного контента. Третье приоритетное направление – школьная профориентация – фокусируется на том, чтобы быстро подготовить студентов к работе по востребованным направлениям. Почти 85 % индийских школ еще не внедрили профессиональные курсы в рамках своей учебной программы. В рассматриваемой программе предполагается внедрение цифровых и гибридных моделей подобных курсов. Разработчиками инициативы был рассмотрен современный уровень школьного образования в Индии. По данным National Achievement Survey, в 2021 г. средний уровень освоения образовательных программ в 3 классе

составляет 59 %, в 5 классе – 49 %, а в 10 классе – только 36 %. Разница в уровне подготовки является существенной в государственных и частных школах, а также в сельских. Эти различия только увеличились в результате пандемии, имея особое влияние на детей из социально не защищенных слоев индийского населения. По данным Всемирного национального банка, ЮНЕСКО, в результате закрытия школ на время пандемии 286 млн детей в мире от 3 до 18 лет были лишены привычной модели получения знаний, что в будущем может привести к уменьшению оплаты труда и получению выручки на 14 % от сегодняшней величины мирового ВВП [13–15]. Одним из экономически выгодных способов компенсации пробелов в знаниях является создание качественного цифрового образовательного контента. Цифровизация образования позволит улучшить уровень приобретения навыков школьников XXI в. К таким навыкам в образовании относятся: критическое мышление, исследовательская деятельность, публичные выступления, работа в команде, цифровая грамотность, гражданская грамотность, предприимчивость, глобальное сознание, понимание окружающей среды, научное мышление и грамотность в вопросах здорового образа жизни [14]. Для Индии в будущем будут разработаны единые образовательные платформы, схожие с уже существующими платформами в России, а также будут осуществлены работы по доступности беспроводной сети в максимальное количество регионов Индии. Пересматриваются варианты наполняемости классов в вопросе обеспечения безопасного расстояния между учащимися.

Их вышесказанного можно заключить, что в Индии наблюдается рост уровня общего среднего образования. Оно становится доступным все большему количеству детей, но неоднородность в уровне освоения и преподавания сохраняется. Регламентирующие документы носят рекомендательный характер, по этой причине существует большая разница между государственными школами в городах и сельских населенных пунктах, и еще большее отставание государственных школ от частных. Хотя касты и были официально отменены, в Индии сохраняются школы частной формы собственности для определенных каст, а также в некоторых школах продолжается раздельное обучение для мальчиков и девочек. В связи с достаточно свободным регулированием образовательной деятельности в отдельных штатах наблюдается неравномерное наполнение и оснащение школ одинаковой формы собственности. В некоторых школах классы переполнены и количество учеников достигает 45 человек.

В результате изучения материала по организации и реализации среднего образования в Индии можно сделать вывод о том, что архитектурная типология объектов развивается, в современных примерах присутствуют грамотные решения учета климатических факторов. Функциональная структура здания не перенасыщена, а включает необходимые помещения для реализации учебного процесса. Планировочная структура адаптирована под внешние факторы, обладает гибкостью за счет каркасной системы. При строительстве зданий учтены принципы энергосбережения (использование дождевой воды, аэрация основных учебных помещений). Также следует отметить, что в Индии отсутствуют школьные здания, построенные по проектам повторного применения, наличие которых могло способствовать развитию системы государственных школ, реализующих среднее образование для всех слоев населения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Особенности образовательной системы в Индии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gnu.org/education/edu-system-india.en.html> (дата обращения: 27.01.2023).
2. Нормы проектирования школьных зданий в Индии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.yourarticlelibrary.com/schools/guidelines-for-planning-and-designing-a-school-building/45251> (дата обращения: 27.01.2023).
3. Требования для школ Индии, входящих в Совет cbse [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cbse.gov.in/cbsenew/infra.html> (дата обращения: 27.01.2023).
4. Частные школы в Индии. Особенности проектирования [Электронный ресурс]. URL: <https://kvsangathan.nic.in/about-kvs/mission> (дата обращения: 27.01.2023).
5. Кузнецова А.А., Жданова И.В., Воронина И.И. Архитектура 20 века как строитель общества // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2020. Т. 22. № 72. С. 72–77.
6. Школа в районе Ньютаун, Калькутта, Индия [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/769463/the-newtown-school-abin-design-studio> (дата обращения: 27.01.2023).
7. Школьный кампус в г. Пуна, штат Махарадж, Индия [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/290677/the-heritage-school-madhav-joshi-and-associates> (дата обращения: 27.01.2023).
8. Школа в г. Ахмадабад в штате Гуджарад, Индия [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/241655/adani-vidyamandir-apurva-amin-architects> (дата обращения: 27.01.2023).
9. Школа Махариши Видья Мандир, Периамете, Индия [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/990914/maharishi-vidya-mandir-school-ksm-architecture> (дата обращения: 27.01.2023).
10. Кузнецова А.А., Жданова И.В., Уварова П.О. К вопросу о дошкольных общеобразовательных организациях для детей с особенностями здоровья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2020. Т. 22. № 72. С. 27–32.
11. Кузнецова А.А., Жданова И.В., Малышева Е.В. Формирование эстетически-комфортной среды образовательных организаций // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2018. Т.20. № 2. С. 81–88.
12. О повышении роли физической культуры и спорта в формировании здорового образа жизни россиян [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/21920> (дата обращения: 10.10.2022).
13. Инициатива 4.0. Индия [Электронный ресурс]. URL: <https://www.weforum.org/reports/> (дата обращения: 27.01.2023).
14. Kuznetsova A.A., Generalova E.M., Potienko N.D. Functional design of lekotek centers // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference "Earth Science", ISTC EarthScience 2022 – Chapter 4. 2022. P. 052010.
15. Vavilova T.Ya., Potienko N.D., Zhdanova I.V. On modernization of capital construction projects in the context of sustainable development of social sphere // Procedia engineering. 2016. Т. 153. P. 938–943.

## REFERENCES

1. Features of the educational system in India. Available at: <https://www.gnu.org/education/edu-system-india.en.html> (accessed 27 January 2023).
2. Design norms for school buildings in India. Available at: <https://www.yourarticlelibrary.com/schools/guidelines-for-planning-and-designing-a-school-building/45251> (accessed 27 January 2023).
3. Requirements for the cbse-affiliated schools of India. Available at: <https://www.cbse.gov.in/cbsenew/infra.html> (accessed 27 January 2023).
4. Private schools in India. Design features. Available at: <https://kvsangathan.nic.in/about-kvs/mission> (accessed 27 January 2023).
5. Kuznetsova A.A., Zhdanova I.V., Voronina I.I. Architecture of the 20th century as a builder of society. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. Social'nye, gumanitarnye, mediko-biologicheskie nauki* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Social, humanities, biomedical sciences], 2020, vol. 22, no. 72, pp. 72–77. (in Russian)
6. A school in Newtown district, Kolkata, India. Available at: <https://www.archdaily.com/769463/the-newtown-school-abin-design-studio> (accessed 27 January 2023).
7. School campus in Pune, Maharaj, India. Available at: <https://www.archdaily.com/290677/the-heri->

tage-school-madhav-joshi-and-associates (accessed 27 January 2023).

8. School in Ahmedabad in Gujarat, India. Available at: <https://www.archdaily.com/241655/adani-vidyaman-dir-apurva-amin-architects> (accessed 27 January 2023).

9. Maharishi Vidya Mandir School, Periamete, India. Available at: <https://www.archdaily.com/990914/maharishi-vidya-mandir-school-ksm-architecture> (accessed 27 January 2023).

10. Kuznetsova A.A., Zhdanova I.V., Uvarova P.O. On the issue of preschool educational organizations for children with disabilities. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. Social'nye, gumanitarnye, mediko-biologicheskie nauki* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Social, humanities, life sciences], 2020, vol. 22, no. 72, pp. 27–32. (in Russian)

11. Kuznetsova A.A., Zhdanova I.V., Malysheva E.V. Formation of aesthetically comfortable environment of educational organizations. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. Social'nye, gumanitarnye, mediko-biologicheskie nauki* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Social, humanities, biomedical sciences], 2018, vol. 20, no. 2, pp. 81–88. (in Russian)

12. On increasing the role of physical culture and sports in the formation of a healthy lifestyle of Russians. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/21920> (accessed 10 October 2022).

13. Инициатива 4.0. Индия. Available at: <https://www.weforum.org/reports> (accessed 27 January 2023).

14. Kuznetsova A.A., Generalova E.M., Potienko N.D. Functional design of lekotek centers. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference “Earth Science”, ISTC EarthScience 2022 – Chapter 4. 2022. P. 052010.

15. Vavilova T.Ya., Potienko N.D., Zhdanova I.V. On modernization of capital construction projects in the context of sustainable development of social sphere. *Procedia engineering*. 2016. T. 153. P. 938–943.

Об авторе:

**КУЗНЕЦОВА Анна Андреевна**

кандидат архитектуры, доцент, доцент кафедры архитектуры жилых и общественных зданий Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: amore\_86@mail.ru

**KUZNETSOVA Anna**

PhD in Architecture, Associate Professor of the Architecture of Residential and Public Buildings Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, str. Molodogvardeyskaya, 244 E-mail: amore\_86@mail.ru

Для цитирования: Кузнецова А.А. Выявление особенностей международных систем среднего образования и их влияние на архитектуру зданий образовательных организаций (на примере Индии) // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 145–155. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.19.

For citation: Kuznetsova A.A. Revealing the features of international secondary education systems and their influence on the architecture of buildings of educational organizations (on the example of India). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 145–155. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.19.

**К. А. МАРЕНКОВ**

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ

MODERN TECHNOLOGICAL APPROACHES IN THE FIELD OF ARCHITECTURAL  
ORGANIZATION SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL CENTERS

*Научно-образовательные центры являются идеальным местом для сотрудничества и инноваций. Применение современных технологий в области архитектурной организации научно-образовательных центров позволяет повысить эффективность использования пространства, снизить энергопотребление, улучшить сотрудничество между исследователями и преподавателями, привлечь и сохранить таланты. Кроме того, использование новых технологий может помочь обеспечить более комфортные условия для обучения и работы, сформировать благоприятный внутренний микроклимат и улучшить экологическую ситуацию местности, а также создать неповторимый архитектурный облик. В целом, использование современных технологий при формировании архитектуры научно-образовательных центров способствует развитию науки, образования и культуры.*

**Ключевые слова:** современная архитектура, новейшие технологии, научно-образовательный центр, трансформация, адаптация

Научно-образовательные центры (НОЦ) играют важную роль в современном обществе, предоставляя образовательные услуги и возможность научных исследований. Однако, чтобы быть конкурентоспособным на мировом уровне, необходимо учитывать современные тенденции и технологии.

Современные технологические подходы в области архитектурной организации научно-образовательных центров включают в себя различные инновационные решения для создания многофункциональных, высокоэффективных и выразительных зданий.

Современные технологии применяются на всех уровнях архитектурной организации НОЦ:

- *архитектурно-планировочной* – трансформация отдельных участков внутреннего пространства научно-образовательного центра к временным задачам;

- *объемно-пространственной* – изменение формы и наружного облика научно-образовательного центра с целью расширения вну-

*Research and education centers are ideal places for collaboration and innovation. The use of modern technologies in the field of architectural organization of scientific and educational centers makes it possible to increase the efficiency of space use, reduce energy consumption, improve cooperation between researchers and teachers, as well as attract and retain talents. In addition, the use of new technologies can help provide more comfortable conditions for training and work, create a favorable internal microclimate and improve the environmental situation of the area, as well as create a unique architectural appearance. In general, the use of modern technologies in the formation of the architecture of scientific and educational centers contributes to the development of science, education and culture.*

**Keywords:** modern architecture, the latest technologies, scientific and educational center, transformation, adaptation

тренного пространства либо добавления новых функций;

- *композиционно-художественной* – применение систем и материалов для подчеркивания существующего образа и формирования новых условий визуального восприятия архитектурной среды;

- *конструктивно-технической* – применение систем формирования комфортного микроклимата для пребывания людей и обеспечения необходимых условий для ведения деятельности.

На сегодняшний день одним из современных направлений в архитектурной и строительной практике является применение инновационных технологий, связанных с архитектурной трансформацией зданий [1]. Трансформация (от лат. *transformatio* – превращение) – преобразование, изменение вида, формы, существенных свойств чего-либо [2]. Трансформация в архитектуре – метод изменения формы, определяющийся динамикой, движением превращения или неболь-

шого изменения формы [3]. Трансформативность архитектурных объектов и пространств – один из подходов формирования динамически изменяемых архитектурных систем [4].

В связи с постоянным развитием технологий и изменениями в научной и образовательной сферах возникает необходимость трансформации научно-образовательного центра на уровне *архитектурно-планировочной организации* для обеспечения эффективного использования пространства, создания комфортной среды для учащихся и преподавателей, повышения качества обучения. Это может быть достигнуто за счет модульной мебели, раздвижных перегородок, мобильных стен. При трансформации внутреннего пространства важно учитывать потребности пользователей, а также технические и эстетические требования.

Одним из главных принципов трансформации является обеспечение гибкости, удобства и функциональности для различных видов деятельности. Например, аудитория может быть преобразована из лекционного зала в зону для совместной работы или отдыха, проведения различных занятий и мероприятий. Для этого необходимо предусмотреть зоны для работы в малых группах, зоны отдыха и зоны для неформального общения.

Использование модульной мебели позволяет легко изменять конфигурацию аудиторий в зависимости от требований конкретного занятия. Применение современных технологий, таких как интерактивные доски, проекторы, аудио- и видеоборудование, делает занятия более интересными и познавательными.

Создание комфортных условий в аудиториях способствует повышению качества обучения и удовлетворенности учащихся и преподавателей.

Научно-образовательные центры, как важнейшие элементы системы образования, должны быть не только функциональными и удобными для учащихся и преподавателей, но и привлекательными внешне, чтобы вызывать интерес у потенциальных абитуриентов и партнеров. В этом контексте актуальным становится использование современных технологий и материалов на уровне *объемно-пространственной организации* для изменения наружного облика центров и расширения их внутреннего пространства с помощью подвижных объемов здания.

Такой подход позволяет изменять внешний вид здания быстро и эффективно, приспособившись к конкретным задачам и потребностям. Подвижные объемы здания могут использоваться для создания дополнительных рабочих мест, зон отдыха или хранения оборудования.

Одним из главных преимуществ является экономия пространства. Поэтому когда они не используются, их можно убрать, освобождая место для других целей. Данные пространства могут быть легко адаптированы под нужды конкретного помещения, что позволяет создавать более гибкую и функциональную среду, а также могут использоваться для создания дополнительных учебных классов, лабораторий или зон отдыха.

Подвижные объемы здания могут состоять из дополнительных элементов фасада, таких как панели, ставни или экраны, которые можно открывать и закрывать по мере необходимости. Кроме того, подвижные элементы могут быть встроены в крышу или стены, обеспечивая дополнительное пространство и функциональность.

Данный метод помогает экономить энергию, поскольку они могут автоматически адаптироваться к погодным условиям или времени суток, позволяя сохранять комфортную температуру внутри здания. Это делает научно-образовательные центры более экологичными [5, 6], снижая их влияние на окружающую среду. Таким образом, использование подвижных объемов в научно-образовательных учреждениях является эффективным способом изменить их внешний вид, увеличить внутреннюю площадь и повысить функциональность здания.

Современные технологии на уровне *композиционно-художественной организации* архитектурной среды научно-образовательного центра связаны с улучшением комфорта, обеспечением энергоэффективности и гармонии с окружающей средой. Они позволяют создать уникальные и инновационные архитектурные решения, привлекательные населению.

В оформлении зданий включают использование передовых световых систем, цветообразования и инновационных материалов.

В настоящее время свет стал архитектурным элементом, с помощью которого создаются выразительные архитектурно-световые образы [7, 8]. Освещение и подсветка научно-образовательного центра играют важную роль в создании комфортной и безопасной среды для учащихся, преподавателей и сотрудников и могут быть выполнены в различных стилях, в зависимости от архитектуры здания и потребностей. Использование осветительных систем поможет менять цвет и яркость в зависимости от настроения и функциональности помещения. Сенсорные системы управления освещением реагируют на движение, возраст и настроение людей, автоматически регулируют световой поток и создают оптимальные условия освещения.

Цветообразование в архитектуре имеет большое значение [9]. Цветовая гамма должна

гармонично сочетаться с формой и конструкцией здания, подчеркивая его функциональность и технологичность, сочетаться с ландшафтом и окружающей застройкой, создавая гармоничное пространство, влиять на настроение и работоспособность людей, поэтому важно выбирать оттенки, способствующие концентрации и продуктивной работе. При формировании научно-образовательного центра могут использоваться свои фирменные цвета для выделения на фоне других зданий и создания узнаваемого образа. Введение интеллектуальных систем обеспечивает способность анализировать настроение и эмоции людей, адаптировать цветовую палитру помещения и создавать гармоничную атмосферу. Применение цветовых проекций и мультимедийных экранов позволяет создавать разнообразные цветовые эффекты и проекции на стенах и потолках, добавляя динамичность и оригинальность в оформление помещений.

Применение инновационных материалов играет важную роль в формировании научно-образовательных центров, позволяя создавать более эффективные и функциональные здания, а также улучшать их внешний вид. Например, использование новых материалов, таких как «умные стекла», которые могут менять свою прозрачность или оптические свойства с помощью электрического тока. Применение биофизического дизайна включает натуральные, природные материалы, такие как древесина, природные камни и растительные элементы для создания уютной и спокойной атмосферы в помещении. Давно доказано, что комфортные условия обеспечивают человеку не только сохранение оптимального самочувствия на рабочем месте, но и максимальную работоспособность [10].

Системы формирования комфортного микроклимата включают в себя отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха, освещение и безопасность. Эти системы позволяют создать благоприятную атмосферу для обучения, работы и отдыха, снижают затраты на энергию и улучшают качество воздуха в помещениях. Благодаря современным технологиям появляется возможность автоматизации процесса поддержания оптимально благоприятного микроклимата НОЦ, что позволяет создать комфортные условия для обучения и работы, формируя таким образом «умное учебное заведение».

Умное учебное заведение – это здание, которым можно осмысленно управлять, чтобы обеспечить качество среды обитания студентов и преподавателей при минимальном энергопотреблении, и которое может обеспечить обслуживающий персонал всей необходимой инфор-

мацией, позволяющей выполнять мониторинг и предсказывать оптимальное управление [11].

**Вывод.** Исследование показало, что применение современных технологических подходов, изложенных в статье, в области архитектурной организации научно-образовательных центров позволит обеспечить максимально благоприятные условия для ведения научной и образовательной деятельности.

Установлено, что научное осмысление рекомендаций по применению современных технологий на разных уровнях архитектурной организации позволило сформировать основные требования создания проектно-исследовательских решений в области формирования современных научно-образовательных центров.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пименова Е.В., Шумейко В.И. Трансформация в архитектуре уникальных общественных зданий // Инженерный вестник Дона. 2016. № 4(43). 196 с.
2. Ефремова Т.Ф. Новый словарь русского языка. Толково словообразовательный. М.: Русский язык, 2000. 1233 с.
3. Данилова О.Н., Шеромова И.А., Еремина А.А. Архитектоника объемных форм. Владивосток: ВГУ-ЭС, 2005. 100 с.
4. Радионов Т.В., Андреева С.А. Современные подходы формирования динамически изменяемых архитектурных систем во времени и пространстве, реализуемые в условиях реконструкции // Вестник КРСУ. Бишкек, 2021. Т. 21, № 8. С. 108–112.
5. Жуйков В.Н. Информационная база «Умный город» как перспективный инструмент городского управления // Градостроительство и архитектура. 2022. Т.12, № 1. С. 18–33. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.3.
6. 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.
7. Яковенко Н.Е., Привалова Е.Н. Приемы светодизайна в архитектурной среде // Строительство и технологическая безопасность. 2023. № 29(81). С. 5–11.
8. Орлова Л.Н. Проблемы и перспективы оптимизации световой среды городов // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, № 4. С. 122–126. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.21.
9. 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.
10. Аляутдинова Ю.А., Муканов Р.В. Исследование параметров микроклимата в учебных аудиториях с целью определения условий комфортности // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2022. № 3(41). С. 32–37.

11. Табуничиков Ю.А. Концепция создания умного здания на базе здания Московского архитектурного института – памятника архитектуры // Наука, образование и экспериментальное проектирование. 2020. № 1. С. 461–463.

## REFERENCES

1. Pimenova E.V., Shumeiko V.I. Transformation in the architecture of unique public buildings. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Don Engineering Herald], 2016, no. 4(43), 196 p.
2. Efremova T.F. *Novyj slovar' russkogo jazyka. Tolko-vo slovoobrazovatel'nyj* [New dictionary of the Russian language. Explanatory word-forming]. Moscow, Russian, 2000. 1233 p.
3. Danilova ON, Sheromova I.A., Eremina A.A. *Arhitektonika ob#emnyh form* [Architectonics of volumetric forms]. Vladivostok, VGUES, 2005. 100 p.
4. Radionov T.V., Andreeva S.A. Modern approaches to the formation of dynamically variable architectural systems in time and space, implemented in conditions of reconstruction. *Vestnik KRSU. Bishkek* [Bulletin of KRSU. Bishkek], 2021, vol. 21, no. 8, pp. 108–112. (in Russian)
5. Zhuykov V.N. Smart City Information Base as a Promising Tool of Urban Management. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 18–33. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.01.3
6. Teryagova A.N. Digital twin of an accessible urban environment within the framework of the socio-spatial concept "Healthy City". *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
7. Yakovenko N.E., Privalova E.N. Light design techniques in the architectural environment. *Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'* [Construction and man-made safety], 2023, no. 29(81), pp. 5–11. (in Russian)
8. Orlova L.N. Problems and prospects for optimizing the light environment of cities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, vol. 7, no. 4, pp. 122–126. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.21
9. Samogorov VA, Konkina E.D. Johannes Itten's Theory of Color Contrasts. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 97–103. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.14
10. Alyautdinova Yu.A., Mukanov R.V. Study of microclimate parameters in classrooms in order to determine comfort conditions. *Inzhenerno-stroitel'nyj vestnik Prikaspija* [Civil Engineering Bulletin of the Caspian Sea], 2022, no. 3(41), pp. 32–37. (in Russian)
11. Tabunshchikov Yu.A. The concept of creating a smart building on the basis of the building of the Moscow Architectural Institute – an architectural monument. *Nauka, obrazovanie i jeksperimental'noe proektirovanie* [Science, Education and Experimental Design], 2020, no. 1, pp. 461–463. (in Russian)

Об авторе:

### **МАРЕНКОВ Константин Александрович**

магистр архитектуры, аспирант, ассистент кафедры архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды  
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры  
286123, Россия, Донецкая Народная Республика,  
г. Макеевка, ул. Державина, 2  
E-mail: k.a.marenkov@mail.ru

### **MARENKOV Konstantin A.**

Master of Architecture, Postgraduate Student, Senior Lecturer of the Architectural Design and Design of the Architectural Environment Chair  
Donbass National Academy of Construction and Architecture  
286123, Russia, Donetsk People's Republic, Makeevka,  
Derzhavina str., 2  
E-mail: k.a.marenkov@mail.ru

Для цитирования: Маренков К.А. Современные технологические подходы в области архитектурной организации научно-образовательных центров // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 156–159. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.20.

For citation: Marenkov K.A. Modern technological approaches in the field of architectural organization scientific and educational centers. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 156–159. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.20.

**Э. Р. ПЕСТРЯКОВА****НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ  
АРХИТЕКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ  
СОЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ГОРОДАХ ДОНБАССА****SCIENTIFIC AND PRACTICAL PROPOSALS IN THE FIELD OF ARCHITECTURAL  
ORGANIZATION OF RESIDENTIAL BUILDINGS FOR SOCIAL PURPOSES  
IN THE CITIES OF DONBASS**

Статья посвящена актуальности жилищного строительства для малообеспеченных слоев населения, создания условий для экономического восстановления региона. Рассматриваются различные аспекты жилищных условий, такие как доступность, качество, комфортность, функциональность. Для возможности создания качественных и комфортных жилищных условий в городах Донбасса проведен анализ существующего жилищного фонда зданий малой и средней этажности с выявлением их особенностей в архитектурной организации. Изучены различные характеристики существующих жилых зданий с дальнейшим выводом об улучшении жилищного фонда региона. Исследованы существующие методы проектирования массового жилищного строительства с целью выявления основных аспектов, влияющих на качество и комфорт проживания. Приведены научные и практические предложения и рекомендации в области архитектурной организации жилых зданий социального назначения.

**Ключевые слова:** архитектурно-планировочная организация, жилой фонд, жилое пространство, здания социального назначения, социальность, качество жилья, комфорт

This article is devoted to the relevance of housing construction for low-income segments of the population, creating conditions for the economic recovery of the region. The author considers various aspects of housing conditions, such as accessibility, quality, comfort, functionality. For the possibility of creating high-quality and comfortable housing conditions in the cities of Donbass, an analysis of the existing housing stock of buildings of small and medium storeys was carried out with the identification of their features in the architectural organization. The author has studied various characteristics of existing residential buildings with a further conclusion about the improvement of the housing stock of the region. The existing methods of designing mass housing construction are investigated in order to identify the main aspects that affect the quality and comfort of living. The article presents scientific and practical suggestions and recommendations in the field of architectural organization of residential buildings for social purposes.

**Keywords:** architectural and planning organization, housing stock, living space, social buildings, sociality, quality of housing, comfort

Строительство доступного жилья является актуальной задачей для многих стран, в частности для тех, где большая часть населения имеет средний и низкий уровень доходов. Это связано с тем, что обеспечение данных слоев населения доступным и качественным жильем способствует улучшению жилищных условий, повышению уровня жизни населения, а следовательно, снижению уровня бедности. Качество жилищных условий определяется ее функциональностью, планировочными, гигиеническими и эстетическими характеристиками, которые обеспечивают комфорт проживания и социальную эффективность жилой среды [1].

Донецкая область всегда отличалась высокой степенью урбанизации. Географическое расположение населенных пунктов вблизи друг друга создает выгодные экономические и соци-

альные условия за счет сосредоточения большого количества промышленных и производственных объектов в городской среде. Данный аспект включает следующие преимущества: экономия времени и ресурсов, улучшение транспортной доступности, создание рабочих мест и др.

Динамика численности населения, которая является одним из ключевых факторов, влияет на спрос на социальное жилье. С увеличением населения, как правило, возрастает и потребность в доступном жилье, что в свою очередь приводит к повышению спроса на жилье, которое является доступным вариантом для людей с низким и средним уровнем доходов. Для определения количественных показателей основных типов жилых зданий социального назначения необходимо учитывать количество населения, которое нуждается в обеспечении

жилем. Таким образом, согласно статистическим данным по Донецкому региону, было выявлено, что претендовать на получение социального жилья может более 110000 человек из общего количества населения в 2 211 453 человек [2].

Предоставление жилья населению является глобальной проблемой, которая является сложной задачей, особенно в условиях растущего мирового населения, и требует решения. Человечество постоянно стремится улучшить и усовершенствовать жилищные условия, чтобы сделать их более комфортными с учетом сложившихся новых условий жизни. Жилье является одним из основных потребностей человека, и его доступность и качество влияют на уровень жизни и социальную стабильность в обществе.

С исторической точки зрения, на территории Донецкого региона сложились определенные типовые застройки жилых кварталов. Поселения создавались вблизи промышленных и производственных объектов, которые в итоге сформировали общую транспортную сеть [3]. С развитием промышленной отрасли небольшие поселки увеличивались по площади и объединялись, образуя крупные населенные пункты. На свободных территориях стали появляться новые крупные жилые районы, в больших объемах осуществляются работы по реконструкции малоценной исторической застройки [4].

В рамках научной статьи был изучен и проанализирован существующий жилой фонд малой и средней этажности городов Донбасса и выявлены основные типологические особенности. Типология жилых зданий включает в себя классификацию по различным критериям: по этажности, типу несущих конструкций, объемно-пространственной организации и другим параметрам. Отечественная практика проектирования жилых зданий социального назначения отличается от зарубежной достаточно узким выбором типовых серий малоэтажных и среднеэтажных жилых зданий. Большинство жилых зданий малой и средней этажности относятся к распространенным типовым сериям, и их характеристики определяют общее состояние всего жилого фонда Донецкого региона. Значимая часть площади жилищного фонда малой и средней этажности отводится на советский период постройки 1951 – 1990 гг.

Особенностью малоэтажных жилых домов в Донецком регионе является то, что большая часть их выполнена из кирпича и шлакобетонных блоков (распространенные типовые серии малоэтажных жилых домов в Донецком регионе – 1-228-2, 1-228-6, 1-262, МК-12-1, МШ-12-1). Конструктивные характеристики жилых домов малой этажности заключаются в использовании деревянных или железобетонных типов

перекрытия. Многоквартирные жилые дома малой этажности могут быть различными по составу квартир – однокомнатные, двухкомнатные, трехкомнатные, реже – четырехкомнатные. Планировочная организация квартир включает в себя проходные комнаты, совмещенные санитарные узлы, узкие коридоры и т. п.

Жилищный фонд средней этажности представлен распространенными типовыми сериями (1-437, 1-464В, 1-438-6 и 87-я серия), которые были построены в советский период выполнения пятилетних планов народного хозяйства [5]. Наружные стены жилых зданий средней этажности выполнялись в основном из кирпича, панелей или крупных блоков. Используемый материал перекрытия в основном представлен деревом или железобетоном. Особенностью домов средней этажности является небольшая высота потолков, которая варьируется от 2,50 до 2,83 м. Планировочная организация квартир в доме средней этажности представлена однокомнатными, двухкомнатными, трехкомнатными, также встречаются варианты четырехкомнатных квартир. На рисунке продемонстрированы особенности жилищного фонда малой и средней этажности в городах Донбасса.

В рассматриваемый период времени выполнения пятилетних планов народного хозяйства [5] важными требованиями к жилым зданиям при строительстве были быстрота возведения, экономичность без учета требований энергоэффективности и ряда конструктивных особенностей (шумоизоляция, звукоизоляция и т. п.). Планировочные решения жилых домов малой и средней этажности, которые являются наиболее экономичными при возведении и эксплуатации, имеют ряд недостатков, которые следует учитывать при возведении новых типов домов. В результате возникает вопрос о формировании новых типологических особенностей объектов типовой застройки для регионов Донбасса.

Проектирование и строительство рассматриваемых типов жилых зданий обусловлено тем, чтобы повысить качество и уровень комфорта жилища, а также уменьшить его стоимость как при строительстве, так и в эксплуатации. В современном социальном жилищном строительстве прослеживается тенденция строительства жилых домов до пяти этажей и с количеством секций не более четырех [6]. Данный фактор ускоряет проектный и строительный процесс, который является наиболее экономичным.

Архитектурная организация жилых зданий малой и средней этажности обладает рядом особенностей, которые могут быть использованы для создания более комфортных условий проживания, а именно:

1. Разнообразие типологии зданий может быть представлено как многоквартирными домами, так и многоквартирными. Данный фактор позволяет учесть различные потребности и предпочтения жителей при проектировании новых жилых зданий, такие как возрастные особенности жителей (проектирование широких коридоров, удобных лифтов и поручней, достаточное

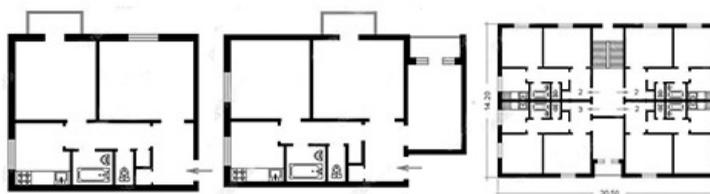
освещение, наличие детских площадок, зон отдыха и др.), физические возможности (учет маломобильных групп населения), этнические и культурные особенности (этнические группы могут иметь различные предпочтения в отношении дизайна интерьера и экстерьера жилого дома).

2. Оптимальная плотность застройки жилыми зданиями средней этажности обеспе-

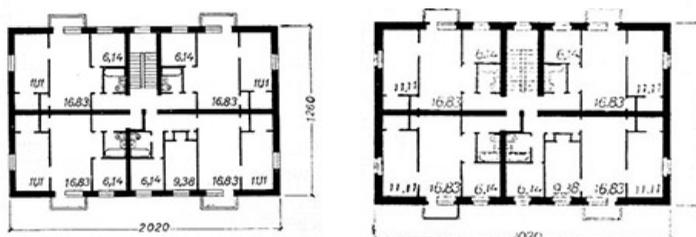
### ЖИЛЫЕ ДОМА МАЛОЙ ЭТАЖНОСТИ



Типовой проект. Серия 1-228-2



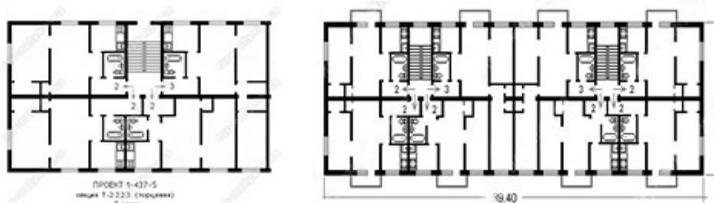
Типовой проект. Серия МК-12-1, МШ-12-1



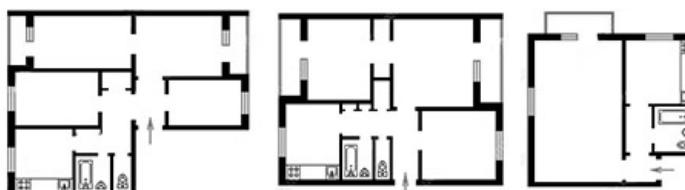
### ЖИЛЫЕ ДОМА СРЕДНЕЙ ЭТАЖНОСТИ



Типовой проект. Серия 1-437



Типовой проект. Серия 87



*Типологические особенности формирования архитектурно-планировочной организации жилых зданий социального назначения в городах Донбасса. Дома малой и средней этажности*

чивает достаточную плотность застройки, что позволяет обеспечить комфортное проживание жителей с сохранением зеленых зон, общественных пространств и доступ к инфраструктуре. Жилые здания в плане могут иметь различную гибкую форму, что позволяет учесть особенности участка застройки [7].

3. Гибкость планировочных решений квартир в многоквартирных домах малой и средней этажности дает возможность выбора оптимального варианта индивидуально для каждого жителя. Дома малой и средней этажности должны обеспечивать возможность выбора различных планировочных решений, которые должны удовлетворить потребности различных типов семей (1-комнатные квартиры – вариант для одиноких людей, 2-комнатные – для семей с детьми или пожилых людей, 3-комнатные – для семьи, состоящей из четырех и более человек, и др.)

4. Возможность создания общественных пространств на первых этажах жилых зданий позволяет размещать объекты социальной инфраструктуры, что в свою очередь благоприятно отражается на комфортной жизни населения. Создание общественных пространств положительно сказывается на социальном взаимодействии, благоприятствует созданию рабочих мест, а также улучшению эстетического вида жилых районов.

5. Эффективное использование придомовых территорий помогает рационально использовать территорию и создавать дворовые пространства с учетом потребностей проживающего населения и включает в себя организацию зон отдыха, озеленение территории, создание зон для парковки автомобилей, организацию мест для выгула собак, формирование визуальных коммуникаций и пр.).

Вышерассмотренные основные особенности при проектировании и строительстве новых жилых домов малой и средней этажности помогают сформулировать основные научные и практические предложения в области архитектурной организации жилых зданий социального назначения в городах Донбасса.

В процессе определения основных требований к формированию жилых зданий социального назначения следует обозначить принципы построения архитектурной типологии жилых образований социального назначения:

1. *Функциональность.* Типология жилых образований должна обеспечить комфортное проживание для всех групп населения. В основе данного принципа лежит разделение пространства на функциональные зоны и возможность трансформации помещений, а также индивидуализация пространства, которая

достигается за счет разнообразия планировочных решений [8].

2. *Экологичность и энергоэффективность.* При проектировании жилых образований социального назначения необходимо учитывать экологические аспекты (использование экологически чистых материалов, применение энергосберегающих технологий, ориентация зданий по сторонам света для оптимального использования солнечного света) [7].

3. *Доступность и безопасность.* Важным аспектом является обеспечение доступности для всех жителей, включая маломобильные группы населения, для возможности создания безбарьерной среды (использование специальных лифтов, пандусов, увеличение ширины коридоров и т. п.). Жилые здания должны быть безопасными для проживания.

4. *Экономичность.* Стоимость строительства и эксплуатации здания является важным фактором при архитектурной организации жилых зданий социального назначения. В данном случае следует стремиться минимизировать затраты, но не в ущерб качеству и комфорту проживания.

По результатам проведенного анализа автором были сформулированы рекомендации по применению вышеперечисленных принципов при проектировании жилых зданий социального назначения в городах Донбасса.

*Рекомендации градостроительной организации жилых зданий социального назначения* заключаются в компактности их размещения на участке проектирования с возможностью замкнутости композиции, а также учете климатических условий и особенностей местности региона. Возможность максимальной блокировки жилых зданий может повлиять на качественное размещение придомовых территорий в непосредственной близости к каждому подъезду жилых зданий. Особое значение при проектировании следует уделять маломобильным группам населения.

*Рекомендации функциональной и планировочной организации жилых зданий социального назначения* основываются на определении функции здания и учете потребностей жильцов (семьи с детьми, семьи преклонного возраста, семьи с ограниченными физическими возможностями и т. п.), исследовании потребностей и предпочтений различных групп населения с целью создания оптимальных условий для их проживания и культурного развития. Следует учитывать обозначенные минимальные размеры квартир и возможность создания компактных планировочных решений, а также возможность удобства и безопасности передвижения людей в проектируемых жилых зданиях. Важ-

ное значение следует уделять санитарно-гигиеническим условиям, требованиям по инсоляции и естественной освещенности жилых помещений, по звукоизоляции и вентиляции.

*Рекомендации объемно-пространственной организации жилых зданий социального назначения базируются на отражении региональных и климатических особенностей Донецкого региона и важности сочетания на участке проектирования различного типа секций для возможности создания комплексного ансамбля городской среды. Возможность использования местных строительных материалов позволит обеспечить экономическую эффективность при проектировании жилых зданий социального назначения, а также внедрение инновационных решений в области организации общественных пространств в жилых зданиях, таких как зоны отдыха, детские и спортивные площадки.*

*Рекомендации конструктивно-технической организации жилых зданий социального назначения заключаются в возможности на всех этапах проектирования и строительства применять качественные местные строительные материалы. Выбранный конструктивный каркас жилых зданий должен отвечать требованиям прочности и долговечности, а инженерные системы должны быть спроектированы с учетом требований к комфорту и безопасности проживания.*

Вышеприведенные предложения и рекомендации при проектировании жилых зданий социального назначения могут находить применение в городах Донбасса для улучшения архитектурной организации планировочных, конструктивных и функциональных решений, создания более комфортных и безопасных условий проживания.

**Вывод.** Рассмотрен существующий жилищный фонд зданий малой и средней этажности городов Донбасса с выявлением их особенностей в архитектурной организации.

Основная часть существующего жилого фонда городов Донбасса в настоящее время находится в достаточно ветхом состоянии и требует скорейшего внедрения новейших технологий для улучшения условий проживания населения.

Сформулированы научные и практические предложения и рекомендации в области архитектурной организации жилых зданий социального назначения, которые должны отвечать требованиям минимизации затрат, долговечности, повышения качества и комфорта населения.

Подчеркнута важность обеспечения доступности жилья и безбарьерной среды для всех групп населения, в том числе для маломобильных категорий и пожилых людей. Особое внимание уделяется созданию комфортных ус-

ловий проживания, включая обеспечение безопасности и удобства.

Установлено, что использование вышеперечисленных предложений и рекомендаций организации жилых зданий социального назначения на архитектурно-планировочном уровне позволяет обеспечить наиболее эффективные социально-экономические решения при проектировании.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архитектурное проектирование жилых зданий / В.В. Аулов, Ю.А. Дыховичный, А.В. Ефимов, А.П. Кудрявцев, И.Г. Лежава, О.Р. Мамлеев, А.Б. Некрасов и др. М.: Архитектура-С, 2006. 489 с.
2. Численность населения Донецкой Народной Республики на 1 января 2022 года [Электронный ресурс]. URL: [http://gosstat-dnr.ru/pdf/naselenie/chisl\\_naselenie\\_0122.pdf](http://gosstat-dnr.ru/pdf/naselenie/chisl_naselenie_0122.pdf) (дата обращения: 25 сентября 2023).
3. Бенаи Х.А. Принципы композиционной реорганизации градостроительных образований при промышленных предприятиях городов Донбасса // Вестник ДонНАСА. 2019. Вып. 2 (136). С. 5–7.
4. Килесо С.К., Кишкань В.П., Петренко В.Ф. Донецк. Архитектурно-исторический очерк. Киев.: Будівельник, 1982. 152 с.
5. Цапкин Н.В., Переслегин В.И. Планирование народного хозяйства СССР: учебник. 6-е изд. М.: Мысль, 1967. 447 с.
6. Калабин А.В. Типология жилых объектов малой и средней этажности: современное состояние // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. 2014. № 1. С. 63–69.
7. Лисициан М.В., Пашковский В.Л., Петунина З.В. Архитектурное проектирование жилых зданий. М.: Архитектура-С, 2006. 488 с.
8. Змеул С.Г., Маханько Б.А. Архитектурная типология зданий и сооружений. М.: Архитектура-С, 2007. 240 с.

## REFERENCES

1. Aurov V.V., Dykhovichny Yu.A., Efimov A.V., Kudryavtsev A.P., Lezhava I.G., Mamleev O.R., Nekrasov A.B. *Arhitekturnoe proektirovanie zhilyh zdaniy* [Architectural design of residential buildings]. Moscow, Architecture-C, 2006. 489 p.
2. The population of the Donetsk People's Republic as of January 1, 2022. Available at: [http://gosstat-dnr.ru/pdf/naselenie/chisl\\_naselenie\\_0122.pdf](http://gosstat-dnr.ru/pdf/naselenie/chisl_naselenie_0122.pdf) (accessed 25 September 2023).
3. Benai H.A. Principles of compositional reorganization of urban planning formations at industrial enterprises of Donbass cities. *Vestnik DonNASA* [Vestnik DonNASA], 2019, iss. 2(136), pp. 5–7. (in Russian)
4. Kilesko S.K., Kishkan V.P., Petrenko V.F. *Doneck. Arhitekturno-istoricheskij ocherk* [Donetsk. Architectural and historical essay]. Kyiv, Budivel'nik, 1982. 152 p.

5. Tsapkin N.V., Pereslegin V.I. *Planirovanie narodnogo hozjajstva SSSR: uchebnik. 6-e izd.* [Planning of the national economy of the USSR: a textbook. 6th ed.]. Moscow, Mind, 1967. 447 p.

6. Kalabin A.V. Typology of residential objects of small and medium storeys: modern condition. *Akademicheskij vestnik URALNIIPROEKT RAASN* [Academic Bulletin URALNIIPROEKT RAASN], 2014, no. 1, pp. 63–69. (in Russian)

7. Lisitian M.V., Pashkovsky V.L., Petunina Z.V. *Arhitekturnoe proektirovanie zhilyh zdaniy* [Architectural design of residential buildings]. Moscow, Architecture-C, 2006. 488 p.

8. Zmeul S.G., Makhanko B.A. *Arhitekturnaja tipologija zdaniy i sooruzhenij* [Architectural typology of buildings and structures]. Moscow, Architecture-C, 2007. 240 p.

Об авторе:

#### ПЕСТРЯКОВА Эльвира Рашитовна

магистр архитектуры, аспирант,  
старший преподаватель кафедры архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды  
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры  
286123, Россия, Донецкая Народная Республика,  
г. Макеевка, ул. Державина, 2  
E-mail: elvira\_pestryakova@mail.ru

#### PESTRYAKOVA Elvira R.

Master of Architecture, Postgraduate Student, Senior Lecturer of the Architectural Design and Design of the Architectural Environment Chair  
Donbass National Academy of Construction and Architecture  
286123, Russia, Donetsk People's Republic,  
Makeevka, Derzhavina str., 2  
E-mail: elvira\_pestryakova@mail.ru

Для цитирования: Пестрякова Э.Р. Научные и практические предложения в области архитектурной организации жилых зданий социального назначения в городах Донбасса // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 160–165. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.21.

For citation: Pestryakova E.R. Scientific and practical proposals in the field of architectural organization of residential buildings for social purposes in the cities of Donbass. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 160–165. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.21.



## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»



Основание образовательных услуг по направлению «Пожарная безопасность», разработка мероприятий по предотвращению пожаров

**Петр Павлович ЯЦЕНКО**  
директор

443001, г. Самара, Молодогвардейская, 194, каб. 661, 650, 655, 667  
(846) 242-11-19; +7(927)264-84-38  
samara-pb@nibok.ru

Т. В. РАДИОНОВ

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДОЛОГИЯ АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ

PRACTICAL FOUNDATIONS AND METHODOLOGY  
ARCHITECTURAL AND TOWN-PLANNING IMPROVEMENT  
AND DEVELOPMENT OF URBAN DEVELOPMENT FACILITIES  
IN THE CONDITIONS OF RECONSTRUCTION

*Исследование направлено на решение важнейших народнохозяйственных задач, которые определяют практические основы и методологию архитектурно-градостроительных объектов, участвующих в процессе реконструкции. Обобщены методологические подходы в области реконструкции зданий и сооружений, в том числе городских территорий, указывающие на необходимость выработки комплексного алгоритма, позволяющего процесс совершенствования и развития архитектуры рассматривать с научной и практической точек зрения. Разработаны практические рекомендации в области реконструкции объектов городской застройки и прилегающих к ним территорий, основывающиеся на концепции поискового архитектурно-градостроительного моделирования при разработке комплексных проектных предложений.*

**Ключевые слова:** архитектурная модернизация, реконструкция, медицинское учреждение, комплекс зданий и сооружений, энергоэффективность

*The research is aimed at solving the most important economic problems that determine the practical foundations and methodology of architectural and urban planning objects involved in the reconstruction process. Methodological approaches in the field of reconstruction of buildings and structures, including urban areas, are summarized, indicating the need to develop a comprehensive algorithm that allows the process of improving and developing architecture to be considered from a scientific and practical point of view. The author of the article has developed practical recommendations in the field of reconstruction of urban development objects and adjacent territories, based on the concept of search architectural and urban planning modeling in the development of complex project proposals.*

**Keywords:** architectural modernization, reconstruction, medical facility, complex of buildings and structures, energy efficiency

**Проблемное поле исследования.** Современный уровень архитектурно-градостроительного развития объектов городской застройки, находящийся на стадии непрерывного развития, на сегодняшний день демонстрирует обществу возможность и потребность в дальнейших архитектурно-технологических «прорывах», направленных на выработку механизмов, которые должны решать важнейшие народнохозяйственные задачи государства в области архитектуры и градостроительства с учетом государственных стандартов в области архитектуры [1]. Основываясь на вышеизложенном, в рамках исследования поставлена проблема, направленная на разработку практических основ и методологии архитектурно-градостроительного совершенствования и развития объектов городской застройки, подлежащих реконструкции. Уточняющим критерием, определяющим потребность разработки

механизмов архитектурно-градостроительной реконструкции зданий и сооружений, является система комплексного мониторинга нормативно-правовой и законодательной базы в обозначенной отрасли исследования, которая позволяет вырабатывать алгоритм разработки проектных решений без отступлений и погрешностей [2]. Доказывая стратегическую важность решения поставленной проблемы, можно резюмировать, что процесс создания проектно-сметной документации на всех этапах ее реализации должен подвергаться критическому мониторингу, основывающемуся на компетентностном подходе при проведении нормоконтроля проектных решений. В стратегическом отношении дальнейшей реализации проектных решений на стадии проведения строительно-монтажных работ на участке застройки, при проведении реконструктивных мероприятий, необходимо руководствоваться

комплексным алгоритмом, учитывающим все положения нормативно-правовой и законодательной базы, определяющей характер проведения всех видов работ на участке застройки, которая подлежит реконструкции, в том числе комплексной.

**Научная формула исследования** основывается на выработке и обосновании практических основ и методологии архитектурно-градостроительного совершенствования и развития объектов городской застройки в условиях реконструкции с полным спектром профессиональных компетенций фундаментального и прикладного уровня.

**Основополагающий материал.** Современные подходы и направления развития, определяющие новейшие тенденции разработки практических основ и методологии архитектурно-градостроительного совершенствования и развития объектов городской застройки в условиях реконструкции, включают в себя целый комплекс определенных видов проектно-исследовательских работ, направленных на процесс совершенствования системы поискового проектирования зданий и сооружений, в том числе городских территорий, участвующих в реконструктивных мероприятиях.

Современная архитектурно-градостроительная деятельность, определяющая качество ведения проектно-изыскательских и строительного-монтажных работ, в настоящее время не может быть эффективной (применительно к объектам реконструкции) без алгоритмов разработки проверенных и обоснованных научных и практических рекомендаций, определяющих качество реализации проектных решений с последующим длительным мониторингом объектов и участков городской застройки, участвующих в реконструктивных мероприятиях.

На основании вышеизложенного, а также ссылаясь не стратегическую необходимость реализации проектных разработок, в статье предлагаются рекомендации по реконструкции зданий и сооружений, городских территорий, учитывающие важнейшие задачи для решения проблем народнохозяйственного комплекса государства в области архитектуры, основывающиеся на алгоритмическом подходе.

**Практические рекомендации в области реконструкции зданий и сооружений, городских территорий, определяющие стратегию ведения проектных работ и дальнейший мониторинг эксплуатации архитектурно-градостроительных объектов, подлежащих реконструкции (включаяющие учет приоритетных позиций и решений)**

1. Реализация государственной программы Российской Федерации «Строительство» с учетом стратегических приоритетов простран-

ственного развития от 30.09.2022 (позволяет решать проблемы народнохозяйственного комплекса государства в области реконструкции зданий и сооружений, городских территорий в глобальном понимании) [3].

2. Формирование и обоснование целевых проектных приоритетов, позволяющих вырабатывать очередность принятия важнейших проектных решений (указывает на необходимость установления проектных приоритетов с учетом социальной значимости объектов, участвующих в реконструктивных мероприятиях).

3. Комплексный анализ и мониторинг архитектурно-градостроительной ситуации с выявлением насущных проблем на стадии подготовительного проектного этапа (на этом этапе рассматриваются вопросы по регулированию предполагаемой стадийности и структуры проектной документации по реконструкции зданий и сооружений, городских территорий).

4. Выработка основных направлений реализации Стратегии предполагаемых проектных действий при реконструкции зданий и сооружений, городских территорий (формируют систему строгого соответствия на всех этапах реализации государственных программ в части обеспечения в качестве подготовки проектно-сметной документации при проведении работ, связанных с основным процессом реконструкции).

5. Определение архитектурных и градостроительных возможностей по объектам и их комплексам, подлежащим реконструкции (позволит минимизировать проектные риски, которые в условиях реконструкции повысят уровень безопасности архитектурно-эксплуатационных качеств объектов городской застройки).

6. Установление архитектурно-градостроительных приоритетов на федеральном и региональном уровнях по реконструкции объектов городской застройки, связанных со степенью сложности и предполагаемыми сроками реализации комплексных проектных решений.

7. Разработка технического задания на выполнение проектно-изыскательских работ в области реконструкции зданий и сооружений, городских территорий (позволяющих устанавливать точные архитектурно-технологические характеристики объектов реконструкции).

8. Проверка исходно-разрешительной документации на реконструкцию зданий и сооружений, городских территорий (определяющая способы выявления исходных документов, не соответствующих реальным техническим характеристикам объектов реконструкции).

9. Мониторинг нормативно-правовой и законодательной базы, определяющей механизмы реконструкции зданий и сооружений, городских территорий, с учетом нормативных

возможностей проектных действий и влияния сложных особенностей при проведении мероприятий, связанных с реконструкцией.

10. Учет особых нормативных условий, позволяющих принимать временные постановления и временные разрешительные документы для реализации в установленный срок проектных решений по устранению (нормативных отступлений) с целью реализации проектных решений по объектам реконструкции без законодательных нарушений.

11. Формирование структуры проекта с учетом отраслевой специфики и смежных специалистов по реконструкции зданий и сооружений, городских территорий на основе проектных мощностей (с условием привлечения и назначения специалистов по разработке одностадийных и многостадийных проектных решений).

12. Применение технологических подходов по проведению технического обследования зданий и сооружений, городских территорий на предмет возможности и целесообразности сложных архитектурных вмешательств, раскрывающих виды и способы реконструкции зданий и сооружений, городских территорий с целью возможных изменений объемно-планировочных параметров зданий и сооружений и их обновления [4].

13. Применение архитектурных подходов, определяющих способы и методы типологических и объемно-планировочных преобразований зданий и сооружений с учетом динамически изменяемых архитектурных систем в связи с изменением архитектурно-художественных, композиционных, стилистических, формообразующих, типологических характеристик объектов реконструкции [5, 6].

14. Применение градостроительных подходов, учитывающих основные направления стратегии устойчивого развития территорий, участвующих в реконструктивных мероприятиях, связанных с комплексным градостроительным планированием территорий, подлежащих реконструкции [6].

15. Комплексный учет статистических данных по объектам реконструкции на действующей стадии разработки проектной документации (позволяет максимально точно учесть все условия динамически изменяемых характеристик объектов реконструкции).

16. Регулирование процесса разработки проектной документации с внесением уточняющих архитектурно-технологических критериев на стадии разработки проектных решений совместно с отраслевыми и смежными специалистами, связанными с непрерывной бесшовной инновационной системой разработки проектной документации BIM технологий проектирования [7].

17. Обоснование целесообразности принятых проектных решений для объектов реконструкции с учетом инвестиционных критериев, отражающих способы минимизации затрат при проведении строительно-монтажных работ на участке застройки.

18. Предоставление разработанного проекта для прохождения официальной экспертизы, определяющей дальнейшие подходы реализации, учитывающие точное соблюдение всех нормативно-правовых и законодательных документов в области реконструкции объектов городской застройки.

19. Проведение строительно-монтажных работ в соответствии с принятыми проектными решениями, которые прошли экспертизу на стадии их реализации с учетом авторского надзора за объектом, участвующим в процессе реконструкции [8].

20. Стратегический мониторинг проектных решений на участке застройки с учетом сформированного комплекта документов по вводу в эксплуатацию объектов реконструкции и проверка на соответствие реализованного проекта на реконструкцию объектов городской застройки всем исходно-разрешительным и проектно-технологическим решениям.

21. Архитектурно-технологический мониторинг зданий и сооружений, основывающийся на необходимости наблюдения за объектом реконструкции, связанный с безопасностью и архитектурно-эксплуатационной дееспособностью объекта реконструкции и прилегающих к ним территорий.

Вышеизложенные практические рекомендации в области архитектурно-градостроительного совершенствования и развития объектов городской застройки в условиях реконструкции носят рекомендательный характер и в дальнейшем могут позволить сократить сроки получения разрешительных документов по реконструкции объектов городской застройки. Вместе с тем практический алгоритм принятия проектных решений позволит выстроить нормативное соотношение в рамках реализации поставленных проектом прикладных задач по совершенствованию и развитию архитектурно-градостроительных решений объектов городской застройки и прилегающих к ним территорий, участвующих в реконструктивных мероприятиях комплексного характера.

**Вывод.** Исследования показали, что предлагаемые проектные меры по реконструкции объектов городской застройки и прилегающих к ним территорий могут осуществляться при соблюдении рекомендаций практического характера. Следует отметить, что основными

практико-ориентированными результатами исследования является ряд выполненных проектных работ по реконструкции зданий и сооружений различного функционального назначения (преимущественно жилые и общественные объекты архитектуры), которые позволили на всех этапах разработки проектных решений и проведения строительно-монтажных работ по реконструкции объектов городской застройки проверить разработанный алгоритм, основывающийся на вышеизложенных последовательных этапах ведения всех видов работ по реконструкции. Доказано, что перспективы развития процесса реконструкции напрямую зависят от предъявляемых требований к объекту – независимо от территориального расположения и климатического района. Установлено, что сущность проблемы реконструкции зданий и сооружений, а также прилегающих к ним территорий заключается в целенаправленном совершенствовании городской среды в целом с учетом социальных требований общества, перспективных тенденций развития городских пространств. Практический подход, основывающийся на фундаментальных критериях реконструкции, показал, что при выполнении проектных и исследовательских работ необходимо учитывать основные нормативно-правовые документы и законодательные акты, определенные задачами Правительства в области архитектуры и градостроительства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамян С. Г. Реконструкция зданий и сооружений: основные проблемы и направления. Ч.1 // Инженерный вестник Дона. 2015. № 4 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_188\\_Abramyan.pdf\\_abbad35813.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_188_Abramyan.pdf_abbad35813.pdf) (дата обращения: 10.10.2023).
2. Реконструкция и модернизация жилищного фонда: методическое пособие СТО РААСН 01-2007. М., 2007 [Электронный ресурс]. URL: [https://www.infosait.ru/norma\\_doc/52/52410/](https://www.infosait.ru/norma_doc/52/52410/) (дата обращения: 12.10.2023).
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 сентября 2022 г. № 1730 «Об утверждении комплексной государственной программы Российской Федерации «Строительство» [Электронный ресурс]. URL: [https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/58c/12.10.2022\\_147494\\_MS.pdf](https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/58c/12.10.2022_147494_MS.pdf) (дата обращения: 14.10.2023).
4. Грабовой П.Г., Харитонов В.А. Реконструкция и обновление сложившейся застройки города. М.: АСВ: Реалпроект, 2006. 624 с.
5. Бенаи Х. А., Радионов Т.В. Совершенствование архитектурно-градостроительной типологии зданий и сооружений, подлежащих реконструкции // Проблемы архитектуры и градостроительства: Вестник ДонНАСА: Макеевка, 2019. Вып. 2 (136). С. 9–14.
6. Общие принципы реконструкции застройки с учетом градостроительных и архитектурных требований [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/3733554/> (дата обращения: 10.10.2023).
7. Эгамов Н. М., Низомадлинов И. М. Инновационные технологии реконструкции зданий // Молодой ученый. 2015. № 22(102). С. 37–39.
8. Вольфсон В.Л., Ильяшенко В.А., Комисарчик Р.Г. Реконструкция и капитальный ремонт жилых и общественных зданий: справочник производителя работ. М.: Стройиздат, 2003. 252 с.

## REFERENCES

1. Abramyan S. G. Reconstruction of buildings and structures: main problems and directions. Part 1. *Inzhenernyy vestnik Dona*. [Engineering Bulletin of the Don], 2015, no. 4. (in Russian) Available at: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2015/3453> (accessed 10 October 2023).
2. Reconstruction and modernization of the housing stock. Methodological manual STO RAASN 01-2007. Moscow. 2007. Available at: [https://www.infosait.ru/norma\\_doc/52/52410/](https://www.infosait.ru/norma_doc/52/52410/) (accessed 10 October 2023).
3. Decree of the Government of the Russian Federation of September 30, 2022 No. 1730 "On approval of the comprehensive state program of the Russian Federation "Construction". Available at: [https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/58c/12.10.2022\\_147494\\_MS.pdf](https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/58c/12.10.2022_147494_MS.pdf) (accessed 14 October 2023).
4. Grabovoy P.G., Kharitonov V.A. *Rekonstrukcija i obnovenie slozhivshejsja zastrojki goroda* [Reconstruction and renewal of the current development of the city]. Moscow, ASV, Realproekt, 2006. 624 p.
5. Benai H. A., Radionov T.V. Improvement of architectural and urban planning typology of buildings and structures subject to reconstruction. *Problemi architekturi i gradostroitelstva. Vestnik DonNASA: Makeevka* [Problems of architecture and urban planning. Bulletin DonNASA: Makeevka], 2019, no. 2 (136), pp. 9–14. (in Russian)
6. General principles of building reconstruction taking into account urban planning and architectural requirements. Available at: <https://studfile.net/preview/3733554> (accessed 10 October 2023).
7. Egamov N. M., Nizomadlinov I. M. Innovative technologies for the reconstruction of buildings. *Molodoj uchenyj* [Young Scientist], 2015, no. 22(102), pp. 37–39. (in Russian)
8. Wolfson V.L., Ilyashenko V.A., Komassarchik R.G. *Rekonstrukcija i kapital'nyj remont zhilyh i obshhestvennyh zdaniy: spravochnik proizvoditelja rabot* [Reconstruction and major repairs of residential and public buildings: Directory of works. 2nd ed., reprint.]. Moscow, Stroyizdat, 2003. 252 p.

Об авторе:

**РАДИОНОВ Тимур Валерьевич**  
 кандидат архитектуры, доцент,  
 заведующий кафедрой архитектурного  
 проектирования и дизайна архитектурной среды  
 Донбасская национальная академия строительства  
 и архитектуры  
 286123, Россия, Донецкая Народная Республика,  
 г. Макеевка, ул. Державина, 2  
 E-mail: timur.radiomov@mail.ru

**RADIONOV Timur V.**  
 PhD in Architecture, Associate Professor,  
 Head of the Architectural Design and Architectural  
 Environment Design Chair  
 Donbass National Academy of Construction and  
 Architecture  
 286123, Russia, Donetsk People's Republic, Makeevka,  
 Derzhavina str., 2  
 E-mail: timur.radiomov@mail.ru

Для цитирования: Радионов Т.В. Практические основы и методология архитектурно-градостроительного совершенствования и развития объектов городской застройки в условиях реконструкции // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 166–170. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.22.

For citation: Radionov T.V. Practical foundations and methodology architectural and town-planning improvement and development of urban development facilities in the conditions of reconstruction. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 166–170. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.22.

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ЖУРНАЛ INNOVATIVE PROJECT



Основан в 2016 году. Учредителем журнала является «Самарский государственный технический университет»

Журналу присвоен международный номер периодических изданий ISSN 2500-9487

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

Журнал выходит один раз в год со статьями по следующим тематическим специализациям:

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

Журнал индексируется: РИНЦ, Scopus

**ПУБЛИКАЦИЯ В ЖУРНАЛЕ БЕСПЛАТНАЯ**

**Александра Николаевна ТРЯГОВА**  
 кандидат архитектуры, главный редактор

443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194, АСА СамГУ  
 Техническая поддержка:  
 Филиппов Валерий Дмитриевич  
 Телефон: +7 (846) 339-14-59  
 E-mail: filiprov.val@samgu.ru



А. П. РАКОВ  
П. В. ТАНКЕЕВ

## ПРОБЛЕМАТИКА ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ СРЕДАХ

### PROJECT ACTIVITIES IN EXTREME AND SPACE ENVIRONMENTS

*Проектная деятельность в экстремальных и космических условиях имеет свою специфику и требует особого подхода. Экстремальными и космическими средами называют условия, которые отличаются от обычных условий на Земле. Космические среды ещё более экстремальны, с ними человек сталкивается во время полётов в космос, на космических станциях и кораблях. Проектная деятельность в таких условиях имеет свои особенности и требует специальных знаний и навыков. Например, при проектировании космических станций необходимо учитывать воздействие радиации, невесомости и других факторов. Кроме факторов, которые связаны с физической опасностью для человека, важно не упускать из вида психологические факторы и особенности функционирования «космических экосистем». Проектная деятельность в экстремальных и космических условиях требует тщательной подготовки и планирования, а также учета всех возможных рисков и проблем.*

**Ключевые слова:** дизайн, архитектура, экстремальные среды, космические среды, освоение экстремальных и космических сред

Экстремальные и космические среды – это условия, которые отличаются от обычных, т. е. освоенных и нормальных, условий и могут представлять опасность для жизни и здоровья человека.

Экстремальные среды – это среды, в которых существуют условия, представляющие опасность или вызывающие сильный стресс у всех без исключения живых организмов. В экстремальных средах могут быть высокие или низкие температуры, высокое давление, отсутствие кислорода, экстремальная сухость или влажность, радиационное излучение и другие неблагоприятные факторы.

Примерами экстремальных сред могут быть полярные территории и акватории, пустыня, глубины морей и океанов, вулканы, горные вершины и воздушное пространство. Экстремальные среды включают в себя экстремальные температуры, высокие или низкие параметры давления, сильные ветры, высокую влажность, экстремальные состояния воды (как океаны и моря, так и ледяные образования),

*Project activity in extreme and space conditions has its own specifics and requires a special approach. Extreme and space environments are conditions that differ from normal conditions on Earth. Space environments are even more extreme, people encounter them during flights into space, on space stations and ships. Project activity in such conditions has its own characteristics and requires special knowledge and skills. For example, when designing space stations, it is necessary to take into account the effects of radiation, weightlessness and other factors. In addition to factors that are associated with physical danger to humans, it is important not to lose sight of psychological factors and features of the functioning of “space ecosystems”. Project activities in extreme and space conditions require careful preparation and planning, as well as taking into account all possible risks and problems.*

**Keywords:** design, architecture, extreme environments, space environments, development of extreme and space environments

экстремальные состояния воздуха (например, вулканические выбросы, пыльные бури и т. д.), а также опасные природные явления, такие как землетрясения, цунами, ураганы и тайфуны.

Изучение экстремальных сред позволяет узнать больше о международной среде и преодолеть ограничения жизни на планете. Экстремальные условия также могут быть объектом исследования и экспериментов для различных научно-исследовательских проектов, а также привлекать любителей экстремальных видов спорта и приключений.

Космические среды – это среды, которые радикально отличаются от экстремальных сред на Земле и дополнительно включают в себя космические вакуум, микрогравитацию (невесомость), сильное излучение, экстремальные температуры и другие опасности космического пространства, которые могут повлиять на работу экипажей космических аппаратов и космонавтов, а также на функционирование оборудования.

Освоение, исследование и изучение таких экстремальных и космических сред является важным для науки и таких её направлений, как архитектура и техническая эстетика, строительство, аэрокосмическая инженерия, астрономия, геология, биология, физика и многие другие. Понимание и преодоление этих условий помогает развивать более безопасные и эффективные методы работы и оборудования в экстремальных и космических условиях [1].

Вместе с тем необходимость нового шага к расширению человеком ареала обитания вызывает всё меньше вопросов и начинает реализовываться [1–3].

«Стремление осваивать новые территории является генетически обусловленной необходимостью. Естественно, что человек на протяжении всей истории стремился освоить неосвоенное и познать непознанное.

Современная биология убедительно доказывает, что стремление к максимальному расселению закреплено у всех живых организмов на Земле. В соответствии с общеизвестной теорией Чарльза Дарвина все виды живых существ на Земле эволюционируют под действием двух факторов влияния: мутации и естественного отбора. Живой организм, стремящийся освоить дополнительное пространство, получает дополнительные возможности для выживания в ходе естественного отбора, так как только при условии максимального удаления от себе подобных обеспечивается выживание вида в целом (вероятность возникновения условий обитания, несовместимых с жизнью на большой территории сразу, небольшая)» [1].

«Сравнительно недавно, американским экологом и экономистом Германом Дэйли была предложена концепция «полного мира», согласно которой мы живём в мире, «заполненном до краёв», в котором всё освоено и дальнейшее расширение границ не представляется возможным. Альтернативным сценарием развития человеческой цивилизации может стать переход от освоения «полного мира» к освоению экстремальных сред и «пустого космоса» [3].

Ближайшей амбициозной идеей можно назвать освоение и использование Луны в качестве постоянной базы. Эта идея становится всё более популярной среди исследователей и философов.

Колонизация Луны могла бы предоставить людям новые возможности в области научных исследований, разработки ресурсов и космического туризма. Некоторые потенциальные преимущества колонизации Луны включают доступ к изобилию лунных ресурсов, например, таких как гелий-3, который может использоваться в ядерных реакторах, а также доступ к лунным гравитационным условиям, которые могут быть полезными для медицинских исследований.

Однако, чтобы реализовать колонизацию Луны, необходимо решить огромное количество технических, экономических и психологических проблем. Например, необходимо разработать эффективные методы транспортировки и защиты людей от радиации и микрометеоритов на Луне, а также разработать инфраструктуру для жизни и работы колонистов, содержания животных и робототехники.

Колонизация Луны также вызывает к обсуждению некоторые правовые вопросы, например, механизм использования добытых в Космосе и на Луне ресурсов в коммерческих целях [4, 5].

Однако, несмотря на огромный потенциал и интерес к колонизации Луны, на данный момент это остается планом на будущее. Несколько стран, включая Китай, США и Россию, высказывали интерес к миссиям на Луну, но пока реально осуществить такие планы никто не решился, так как это требует огромных ресурсов, международного сотрудничества и совместных усилий от научных исследователей, инженеров и политиков.

Важно отметить, что научный коллектив в Самарском государственном техническом университете ведёт разработку собственной концепции, которая связана с научным прогнозированием начала хозяйственной деятельности на Луне. Самарское предложение имеет ряд принципиальных отличий (рис. 1).

Во-первых, предполагается, что при освоении Луны будет активно использоваться местный

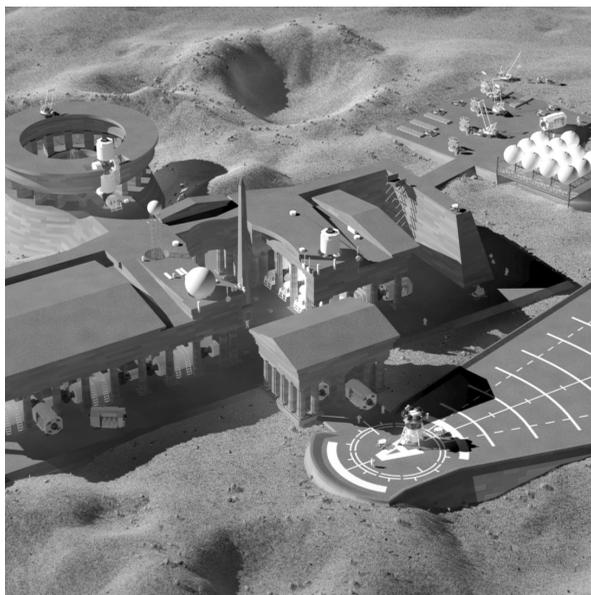


Рис. 1. Визуализация концепции лунного поселения с использованием искусственного лунного камня, разработка которой ведётся в СамГТУ под руководством к.арх. А.П. Ракова

строительный материал – искусственный лунный камень, который интересен не только своими защитными свойствами. Искусственный лунный камень имеет все шансы стать экономическим инструментом для перевода лунных ресурсов в собственность без нарушения, что важно, действующих международных договорённостей.

Во-вторых, предполагается, что процесс освоения Луны будет разделён на большое количество этапов, а созданию постоянно действующей базы Российской Федерации на Луне будет предшествовать много интересных и не менее значимых процессов, каждый из которых представляет собой большую научную ценность. Например, не секрет, что на текущий момент времени строительный опыт человечества ограничивается только околоземной орбитой. Как строить на Луне, не знает никто, и в этом смысле первая постройка на Луне просто обязана быть необитаемой – это может быть просто монумент или визуальный пространственный ориентир. Но даже необитаемая постройка на Луне – это начало новой производственной эры.

В-третьих, чтобы база на Луне не была просто дорогостоящей игрушкой, важно уже сейчас проектировать лунную инфраструктуру и объекты с учётом выстраивающихся производственных цепочек и вполне земных экономических интересов. Важно отметить, что кроме гелия-3, который может понадобиться для термоядерных реакторов, на Луне точно есть запасы древнего водяного льда, золота и титана.

С конца 50-х гг. XX в., т. е. с самого начала космической эры, Луна привлекала внимание сначала советских и американских ученых, которые спланировали и осуществили несколько первых в истории миссий на орбите Луны и на её поверхности.

В конце 90-х гг. XX в. к исследованиям Луны присоединились учёные из Японии. В начале 2000-х гг. к исследованиям присоединились учёные из Евросоюза, Китая, Индии, Израиля и Южной Кореи. В настоящее время, после продолжительного перерыва, Россия готовит к запуску миссию Луна-25 [6].

Использование различных устройств и аппаратов, таких как спектрометры, радары и лазерные устройства, позволило ученым осуществить немало измерений и сделать много важных открытий.

В ходе исследований были обнаружены доказательства присутствия воды на Луне в твёрдом агрегатном состоянии, подтверждены гипотезы о происхождении Луны и её геологической активности, а также получены ценные данные для будущих миссий в Космос.

К настоящему моменту собрано огромное количество фотографий, топографических данных (рис. 2 и 3) и данных о залегании полезных ресурсов (рис. 4). Активно обсуждаются пригодные для постройки объектов различного назначения участки на Луне.

В выборе участка для постройки объектов на Луне предстоит учитывать несколько фак-

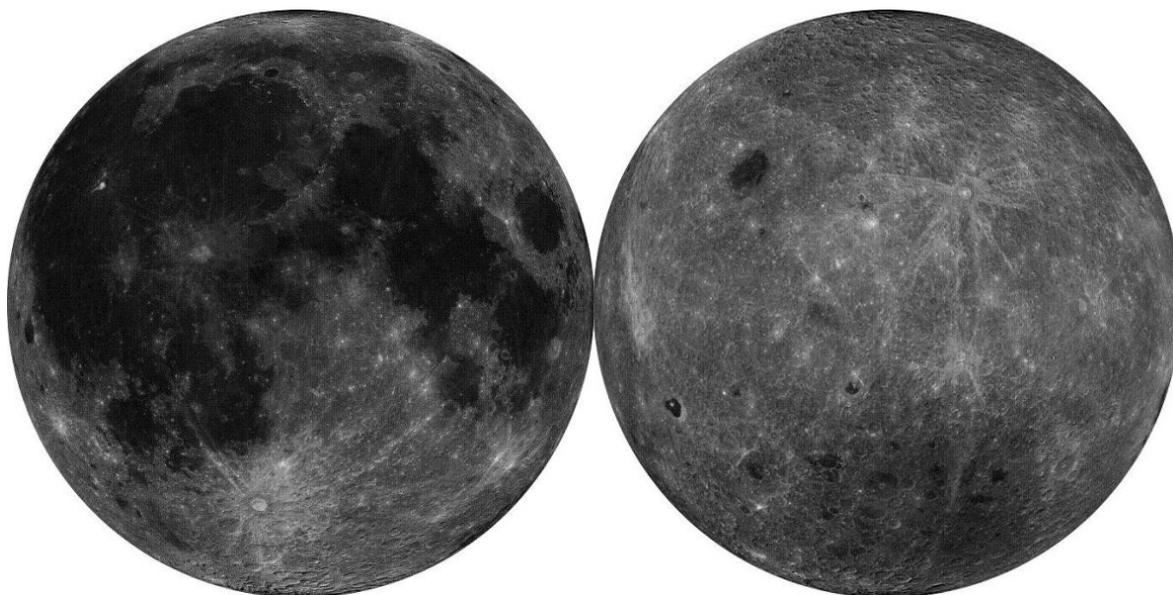


Рис. 2. Фотографии видимой с Земли стороны Луны (слева) и обратной стороны Луны (справа), изображений которой до облёта советской АМС «Луна-3» 7 октября 1959 г. не существовало

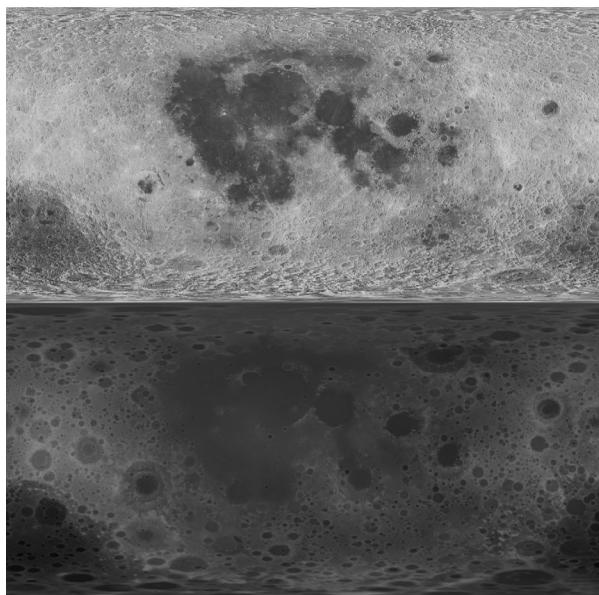


Рис. 3. Эквидистантные развёртки поверхности Луны (видимая сверху и высотная снизу), полученные автоматической межпланетной станцией Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO NASA, запущена в 2009 г.), которая отсканировала Луну лазерным дальнометром

торов: 1) близость к полюсам Луны (участки вблизи полюсов наиболее привлекательны для постройки базы из-за более низкой температуры и возможности обнаружения исходных материалов для производства воды); 2) близость к кратерам (участки неподалеку от кратеров имеют большую вероятность содержать приповерхностные запасы воды, которая может быть использована в качестве ресурса для питья, пищи и ракетного топлива); 3) равнины

(плоские равнины предоставляют более простую и стабильную поверхность для постройки объектов и взлета/посадки космических аппаратов); 4) солнечная экспозиция (участки с хорошей солнечной экспозицией могут обеспечивать постоянный доступ к солнечной энергии, что является важным для питания базы и ее грузоподъемности); 5) геологическая стабильность (участки, отличающиеся высокой геологической стабильностью, помогут обеспечить безопасность базы и ее инфраструктуры).

Исходя из этих факторов будет осуществлён конкретный выбор участка, однако выбор будет так же зависеть от целей и требований конкретной миссии или программы [7, 8].

Очевидно, что на конфигурацию будущих миссий будет влиять и характер возникших экономических связей ойкумены и осваиваемой среды. Экономика на Луне может быть крайне разнообразной и зависеть от международной обстановки, уровня технологического развития участников и инициатив лунных поселенцев. В настоящее время Луна необитаема, но уже в наши дни ведутся работы по исследованию и разработке лунного пространства [7, 8].

Некоторые возможные экономические виды деятельности на Луне могут включать: 1) добычу различных ресурсов (Луна обладает рядом природных ресурсов, таких как гелий-3, водяной лёд и редкие металлы), добыча может стать одним из основных источников дохода на Луне; 2) туризм и космические путешествия (лунный туризм может стать значимой экономической отраслью, особенно если на Луне будут размещены гостиничные модули и часть научного оборудования сможет использоваться в образовательных и развлекательных целях); 3) образование и исследования (Луна может стать

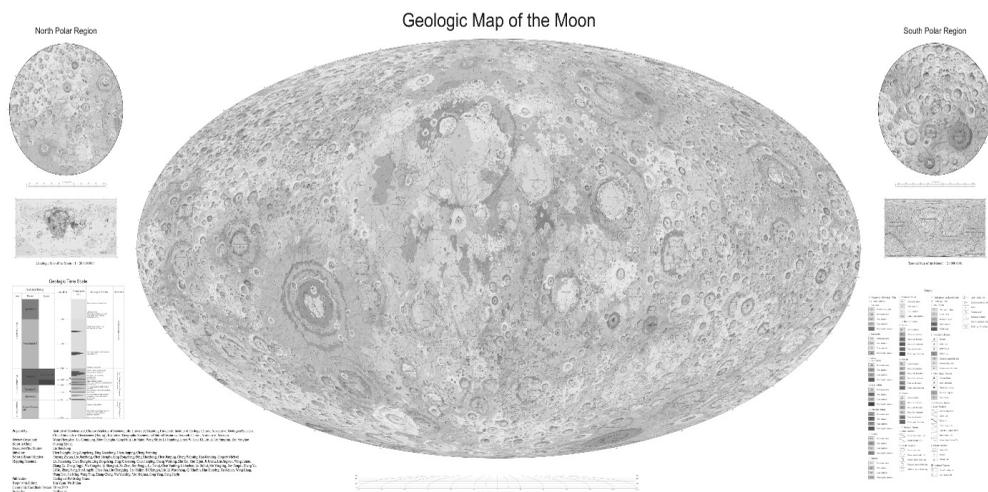


Рис. 4. Подробная геологическая карта Луны, составленная Геологической службой США (United States Geological Survey – USGS)

местом для проведения различных научных исследований, а также обучения и космическим технологиям); 4) производство и конструирование (создание баз и станций для будущих миссий в космос может обеспечить возможности для производства и строительства на Луне); 5) энергетика (использование солнечной энергии на Луне может быть перспективным источником энергии для живущих на Луне, а также для передачи энергии на Землю).

Лунная инфраструктура – это набор сооружений, систем и оборудования, необходимых для обеспечения присутствия и нормальной жизнедеятельности человека на Луне [7, 8].

Основные составляющие лунной инфраструктуры могут включать: 1) Лунные базы или станции (это мероприятия по строительству постоянных или временных мест проживания на Луне, которые обеспечивают жилую, рабочую и досуговую функцию для космонавтов). Станции могут включать модули для жилья, лаборатории, системы энергоснабжения и системы жизнеобеспечения; 2) развитая система колёсного и железнодорожного транспорта (для обеспечения перемещения между различными лунными объектами, такими как базы, исследовательские миссии и месторождения полезных ископаемых, необходимо создать эффективную систему транспорта). Система может включать лунные вездеходы, лунную железную дорогу, автоматизированные транспортные средства, аппараты для перелета между Землей и Луной и другие средства передвижения; 3) промышленные, исследовательские и научные объекты (для различных производств, для проведения исследований и экспериментов, которые при размещении на Луне имеют ряд преимуществ). Объекты могут включать производственные площадки, лаборатории, обсерватории, буровые установки и другие научные исследовательские модули; 4) система энергоснабжения (для обеспечения энергии для работы лунной инфраструктуры требуется эффективная система энергоснабжения). Система может включать солнечные панели, ядерные, термоядерные или геотермальные источники энергии, а также системы хранения и распределения энергии); 5) коммуникационная и навигационная инфраструктура (для обеспечения связи между Луной и Землей, а также навигации на поверхности Луны необходима система коммуникации и навигации). Инфраструктура включает спутники связи, антенны, радиорелейные станции и другие объекты связи; 6) системы поддержки жизнеобеспечения (для обеспечения выживания и комфорта астронавтов на Луне необходимы системы поддержки жизни, которые обеспечивают кислород, пищу, воду и другие ресурсы). Системы с большой долей вероятности

будут включать системы рециклирования, искусственное выращивание продуктов питания и модули очистки воды.

**Вывод.** По мере развития космических технологий и с появлением новых исследований, касающихся Луны, лунная инфраструктура будет продолжать совершенствоваться и развиваться, открывая новые возможности для исследований и использования Луны в будущем.

Экстраполяция выявленных тактических принципов на перспективу изучения, освоения и использования лунных ресурсов позволила спрогнозировать неожиданный и выгодный для нашей страны подготовительный этап, который должен предшествовать созданию Лунной базы Российской Федерации.

«Универсальная модель» прогнозирует, что до создания жилой станции на поверхности Луны необходимо реализовать серию не менее значимых экспериментальных, но обязательно нежилых объектов из искусственного камня.

У России есть уникальный шанс изготовить первый в истории искусственный камень на поверхности Луны, а затем реализовать первую посадочную площадку и первое укрытие для техники и животных. Такая подготовительная работа позволила бы собрать много ценной информации о технологии лунного строительства и не только.

Есть основания полагать, что камни, изготовленные из лунного грунта путём спекания сфоксированным солнечным светом, и конструкции, собранные из такого камня, это не только надёжная защита от микрометеоритов и радиации, но также объекты купли и продажи (предварительный анализ документов показывает, что это не противоречит действующим международным договорённостям). Таким образом, искусственные каменные конструкции могут выступить в качестве инструмента привлечения частных инвестиций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. Научная мысль как планетное явление / отв. ред. А. Л. Яншин. М.: Наука, 1977. 191 с.
2. Русский космизм: Антология философской мысли / сост. С.Г. Семенова, А.Г. Гачева. М.: Педагогика-Пресс, 1993. 365 с.
3. Раков А.П. Объективные причины освоения экстремальных сред // Innovative Project. 2017. Т. 2, № 4. С. 72–76.
4. Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела [Электронный ресурс]. URL: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/outer\\_space\\_governing.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/outer_space_governing.shtml) (дата обращения: 16.01.2016).

5. Раков А.П. Концепция обитаемого космоса и перспектива колонизации лунной поверхности // *Innovative Project*. 2016. Т. 1, № 4. С. 123–127.

6. Анализ методов строительства конструкций лунных станций / А.В. Багров, К.М. Нестерин, К.М. Пичхадзе, В.К. Сысоев, А.К. Сысоев, А.Д. Юдин // «Вестник «НПО им. С.А. Лавочкина». 2014. № 4. С. 75–80.

7. Раков А.П. Метод гуманизации технических концепций в архитектуре экстремальных условий обитания: дис. ... канд. арх. наук: 05.23.20. Нижний Новгород, 2013. 300 с.

8. Велев П. Города будущего / пер. с болг. С.Д. Ланской; под ред. А.Э. Гутнова. М.: Стройиздат, 1985. 160 с.

## REFERENCES

1. Vernadsky V.I. *Razmyshlenija naturalista. Nauchnaja mysl' kak planetnoe javlenie* [Reflections of a naturalist. Scientific thought as a planetary phenomenon]. Moscow, Nauka, 1977. 191 p.

2. Semenova S.G., Gacheva A.G. *Russkij kosmizm: Antologija filosofskoj mysli* [Russian Cosmism: Anthology of Philosophical Thought]. Moscow, Pedagogy-Press, 1993. 365 p.

3. Rakov A.P. Objective reasons for the development of extreme environments. *Innovative Project* [Innovative Project], 2017, vol. 2, no. 4, pp. 72–76. (in Russian)

4. Treaty on the Principles of the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies. Available at: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/outer\\_space\\_governing.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/outer_space_governing.shtml) (accessed 16 January 2016).

5. Rakov A.P. The concept of habitable space and the prospect of colonization of the lunar surface. *Innovative Project* [Innovative Project], 2016, vol. 1, no. 4, pp. 123–127. (in Russian)

6. Bagrov A.V., Nesterin K.M., Pichkhadze K.M., Sysoev V.K., Sysoev A.K., Yudin A.D. Analysis of Methods for Construction of Lunar Station Structures. *Vestnik «NPO im. S.A. Lavochkina»* [Bulletin “NPO named after S.A. Lavochkina”], 2014, no. 4, pp. 75–80. (in Russian)

7. Rakov A.P. *Metod gumanizacii tehniceskikh koncepcij v arhitekture jekstremal'nyh uslovij obitanija. Cand. Diss.* [Method of humanization of technical concepts in the architecture of extreme living conditions. Cand. Diss.]. Nizhny Novgorod, 2013. 300 p. (In Russian)

8. Velev P. *Goroda budushhego* [Cities of the future]. Moscow, Stroyizdat, 1985. 160 p.

Об авторах:

### РАКОВ Антон Петрович

кандидат архитектуры, доцент кафедры инновационного проектирования, и.о. заведующего кафедрой инновационного проектирования Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: radesign@inbox.ru

### RAKOV Anton P.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Innovative Design Chair, Acting Head of the Innovative Design Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: radesign@inbox.ru

### ТАНКЕЕВ Павел Викторович

ассистент кафедры инновационного проектирования Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: tpv07@mail.ru

### TANKEEV Pavel V.

Assistant of the Innovative Design Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: tpv07@mail.ru

Для цитирования: Раков А.П., Танкеев П.В. Проблематика проектной деятельности в экстремальных и космических средах // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 171–176. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.23. For citation: Rakov A.P., Tankeev P.V. Project activities in extreme and space environments. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 171–176. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.23.

Ю. С. РАТИЕВА  
Ю. В. РОГАТИНА

## «ФОРМЫ СВОБОДНОГО ВЫБОРА» И РОЛЬ ДИЗАЙНЕРА В СОВРЕМЕННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

“FORMS OF FREE CHOICE” AND ROLE OF DESIGNER IN MODERN DESIGN

В данной статье делается ряд уточнений о том, как появился дизайн, как он зарождался. Принято считать, что дизайн появился только в XX в., однако есть объективные причины считать, что зародился он гораздо раньше. Дизайн вырос из архитектуры и инженерного дела. И первым шагом на пути к появлению дизайна стало выявление в конструкции проектируемых объектов так называемых «форм свободного выбора». В статье поясняется разница между техническим и художественным творчеством, приводятся актуальные виды работ, выполняемых дизайнерами. История и практика проектирования убедительно доказывают, что дизайн – это не украшение проекта, а встроенная в него и согласованная со всеми факторами влияния визуально воспринимаемая творческая концепция и система авторских композиционных решений. Дизайн – это серьёзный инструмент рынка, который нужно активно использовать для повышения качества и улучшения потребительских свойств отечественных товаров.

**Ключевые слова:** дизайн, техническая эстетика, художественное конструирование, системная инженерия, «формы свободного выбора»

Принято считать, что дизайн появился в XX веке. Однако это не совсем так, и основы для появления профессии дизайнера возникли гораздо раньше. Не секрет, что дизайнеры в своей деятельности используют выявленные и введённые в научный обиход ещё Францем Рело в середине XIX в. «формы свободного выбора». «Первым в научный обиход термин «формы свободного выбора» ввёл немецкий учёный, механик и машиностроитель Франц Рёло. Одним из первых он задался вопросом о форме машины. Этому была посвящена работа «О стиле в машиностроении», которая является заключительной главой учебника по конструированию машин. Основные формы машин он разделил на два класса – формы, определённые целесообразностью и не подлежащие изменению (цилиндр, винт, колесо и т. п.), и «формы свободного выбора», т. е. такие, целесообразность в которых может сочетаться с бесконечным варьированием [1].

This article makes a number of clarifications about how the design appeared, how it was born. It is generally accepted that the design appeared only in the 20th century, but there are objective reasons to believe that it originated much earlier. The design grew out of architecture and engineering. And the first step towards the emergence of design was the identification in the design of designed objects of the so-called “forms of free choice.” The article explains the difference between technical and artistic creativity, gives the current types of work performed by designers. The history and practice of design convincingly prove that design is not a decoration of the project, but a visually perceived creative concept and a system of author’s compositional solutions built into it and consistent with all factors of influence. Design is a serious market tool that must be actively used to improve the quality and consumer properties of domestic goods.

**Keywords:** design, technical aesthetics, artistic design, system engineering, “forms of free choice”

Форма свободного выбора в дизайне подразумевает, что дизайнер в полной мере может самостоятельно определить и создать визуальное решение для конкретной задачи без каких-либо ограничений или предписаний. Он имеет полную свободу в выборе цветовой гаммы, композиции, стилей и других элементов дизайна.

В такой форме дизайна дизайнер может полностью раскрыть свою творческую индивидуальность и уникальность, не придерживаясь каких-либо шаблонов или конвенций. В результате получается уникальный и оригинальный дизайн, который полностью отражает взгляды и потребности дизайнера.

Однако важно отметить, что даже при свободном выборе в дизайне, дизайнер все равно должен учитывать целевую аудиторию, цели и задачи проекта, а также брендовые стандарты или требования заказчика. Свободный выбор не означает безразличие к контексту, а наоборот, предполагает глубокое понимание и осозна-

ние этих факторов для создания эффективного и удовлетворяющего потребности дизайна [2].

Другими словами, очень важно, что дизайн и дизайнер появляются в проекте только тогда, когда появляются формы свободного выбора. Ведь существует большое количество проектов, в которых инженеры прекрасно справляются и без таких носителей художественных компетенций, как дизайнер или архитектор.

Дизайнерский объект отличается от объекта инженерного тем, что дизайнерский объект создаётся в результате художественно-композиционной переработки имеющихся в структуре проектируемого объекта «форм свободного выбора» и, что особенно важно, дизайнерский объект создаётся в результате принятия полностью самостоятельных, творческих решений. Инженерный объект в подавляющем большинстве случаев создаётся как результат чёткого выполнения условий функциональной и технической задачи.

Только так у дизайнера, как носителя художественных компетенций, появляется возможность работы с формой. Инженер же при проектировании и производстве объектов отвечает за рациональное, естественнонаучное направление работы и обеспечивает работоспособность, устойчивость, прочность, безопасность и технологичность формы [3].

Творчество – это создание чего-либо принципиально нового. Творчество бывает техническим и художественным.

Творчеством инженеров называются новые технические решения известной задачи. Большой энциклопедический словарь даёт такое определение слову «изобретение»: «Изобретение – новое и обладающее существенными отличиями техническое решение задачи в любой области народного хозяйства, социально-культурного строительства или обороны, дающее положительный эффект. Право на изобретение удостоверяется авторским свидетельством или патентом» [4].

Дизайнер художественный образ придумывает и одновременно согласует его с функциональными, техническими и нормативными требованиями проекта.

Придумывание художественного образа дизайнером не является решением задачи, в отличие от изобретения, которое называется техническим творчеством.

Важно отметить, что у достаточно большого количества объектов и типов объектов формы «свободного выбора» отсутствуют в достаточном для дизайнера объёме. Чаще всего такой выбор сводится к выбору цвета поверхностей и, например, форме крепёжных элементов. Дизайнеры, конечно, могут участвовать в разработке таких

объектов с целью улучшения их потребительских свойств, но при этом дизайнер не получает возможности для реализации своего творческого потенциала. Решения, принятые дизайнером в таком случае, не являются произведением, так как они являются решением задачи.

В случае, когда выбор отсутствует, геометрические характеристики формы регламентированы максимально точно и вариант исполнения чаще всего только один. В случае, когда выбор ограничен, геометрические характеристики формы могут иметь больше одного варианта исполнения, но даже в этом случае у дизайнера нет возможности делать выбор для реализации дизайнерского, творческого компонента проекта, так как выбор зависит от других инженерно-технических и нормативных факторов, влияющих на проект и производство.

По этой причине объекты и типы объектов с отсутствующим или недостаточным объёмом «форм свободного выбора» (к таковым относятся формы «ограниченного выбора» и формы «отсутствующего выбора», а также различные их соотношения и комбинации) не могут называться «дизайном» или «дизайнерским объектом».

В качестве примеров, подтверждающих сказанное выше, важно привести несколько наглядных иллюстраций (рис. 1–4).

В правой части рис. 1 показано разделение сборных элементов грузового тягача. Несущий каркас, двигатель, механические системы, электрика и подвеска тягача не требуют участия дизайнера. В случае же его участия в проекте творческая работа, направленная на художественное конструирование образа, возможна только со сборными элементами внешней оболочки и интерьером кабины («формы свободного выбора», выделены чёрным). Разработка крыльев, дисков на колёсах, фар, рулевого колеса в кабине, дворников и зеркал заднего вида может быть доработана дизайнером, но возможности композиционной переработки этих форм существенно ограничены техническими параметрами («формы ограниченного выбора», выделены белым).

В правой части рис. 2 показано разделение сборных элементов сверлильного станка. Несущий каркас, электродвигатель, механические системы и электрика не требуют участия дизайнера. Дизайнер при разработке такого станка может проектировать только корпус изделия («форма свободного выбора», выделена чёрным). Разработка основания, подвижного стола, корпуса двигателя и кнопок управления может быть доработана дизайнером, но возможности композиционной переработки этих форм существенно ограничены техническими параметрами («формы ограниченного выбора», выделены белым).

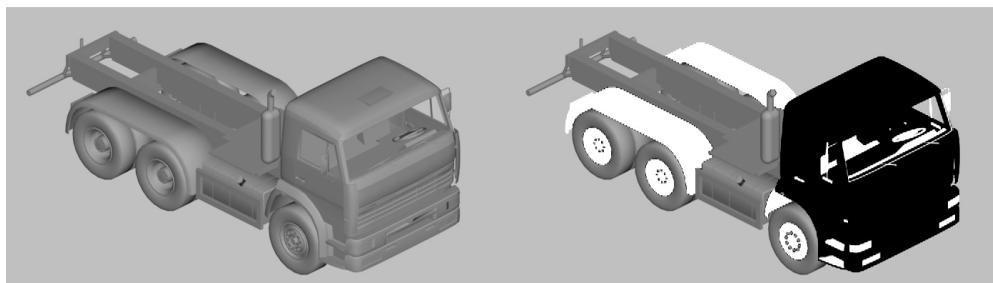


Рис. 1. Графический анализ цифровой модели промышленного изделия (грузовой тягач) на наличие или отсутствие «форм свободного выбора» и «форм ограниченного выбора»

В правой части рис. 3 показана коллекция из пяти стеклянных бутылок. Форма бутылок изготавливается литьём и потому не делится на сборные элементы или детали, однако формы внутри цельного изделия всё же можно выделить, так как изменение функционального назначения формы всё равно ведёт к изменению и «местных» геометрических характеристик. Разделение литых элементов на «формы свободного выбора» и «формы ограниченного выбора» происходит, отталкиваясь от многих сотен лет опыта эксплуатации подобного вида посуды. В верхней части бутылки удобнее всего располагать горлышко, в нижней части бутылку удобнее всего опирать на стол или другую горизонтальную поверхность («форма свободного выбора», выделена чёрным), а вот геометрические характеристики центральной части могут варьироваться достаточно широко («формы ограниченного выбора», выделены белым). И именно здесь у дизайнера появляется выбор, достаточно свободный для того, чтобы реализовать свой творческий потенциал.

В правой части рис. 4 показано разделение сборных элементов портового крана. В сооружениях такого рода критически важна устойчивость объекта. Может показаться, что ассоциативное сходство с каким-либо животным проектировалось дизайнером, но это не так. Форма объекта приобрела такой вид преимущественно в ответ на функциональные, технические и нормативные ограничения, которые стояли перед инженером. Вместе с тем у портового крана присутствуют элементы, которые существенно отличаются у различных моделей, что, конечно, свидетельствует о наличии некоторой свободы в принятии решений («формы ограниченного выбора», выделены белым). В действительности дополнить облик портового крана дизайнер может, но только разрабатывая интерьер и экстерьер кабины и машинного отделения («форма свободного выбора», выделена чёрным).

Становится очевидным то, что именно творческая работа с «формами свободного выбора» внутри любого проекта является ос-

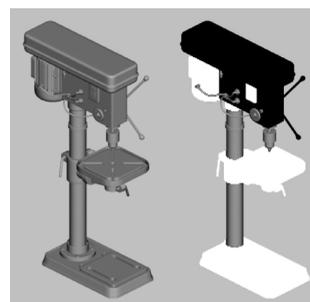


Рис. 2. Графический анализ цифровой модели промышленного изделия (сверлильный станок) на наличие или отсутствие «форм свободного выбора» и «форм ограниченного выбора»

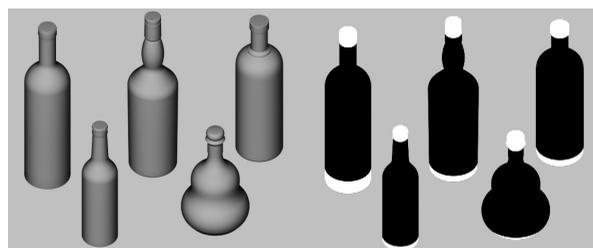


Рис. 3. Графический анализ цифровой модели промышленного изделия (стеклянные бутылки) на наличие или отсутствие «форм свободного выбора» и «форм ограниченного выбора»

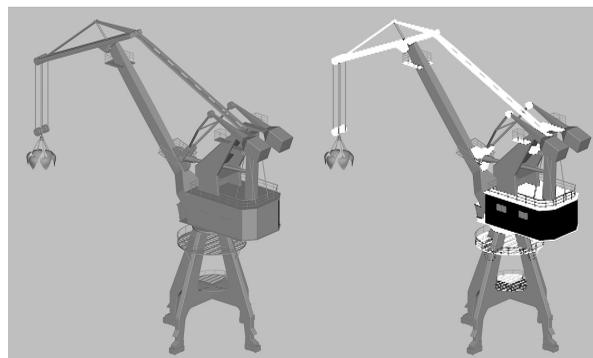


Рис. 4. Графический анализ цифровой модели промышленного изделия (портовый кран) на наличие или отсутствие «форм свободного выбора» и «форм ограниченного выбора»

новой задачей, которую решает дизайнер. И именно из этой основной задачи отвечаются все виды подзадач или виды деятельности, которыми занят дизайнер в проекте.

Не секрет, что дизайнеры творчески и очень по-разному работают с формой объекта. Одни считают, что «форма должна соответствовать функции», другие вдохновляются идеями писателей фантастов, третьи занимаются математическим вычислением пропорций [5].

Уникальную работу каждого дизайнера делают его способности, опыт, знания, умения и навыки, набор которых всегда индивидуален и просто не может в точности повторяться у разных людей.

Уникальность дизайнера формируется в ходе его качественного обучения, а на производство выпускник, как правило, отправляется с интересным портфолио, в котором отчетливо видны способности, опыт, знания, умения и навыки и по которому понятно, как именно дизайнер может реализовывать творческий компонент проекта.

Кроме того, в соответствии со статьей 1228 ГК РФ, а также с Апелляционным определением Московского городского суда от 30 сентября 2015 г. № 33-26418/15 «Основным критерием признания того или иного результата охраняемым объектом авторского права являются самостоятельные усилия автора (соавторов) по его созданию, которые приводят к возникновению произведения, имеющего отличия от других произведений того же рода» [6].

То есть, даже с точки зрения уже сложившейся юридической практики, творчеством автора называется такая самостоятельность и существенная свобода принятия решений, которая не ограничена имеющимся или полученным заданием.

Роль дизайнера в современном проектировании любого рыночного продукта и услуги является важной и многофункциональной. Дизайнер участвует в различных этапах проекта, начиная с исследования и концептуализации и заканчивая разработкой и воплощением финального продукта или услуги [7]. Вот некоторые из ключевых функций, которые выполняет дизайнер.

**Исследование и анализ:** дизайнер изучает потребности пользователей и рыночные тренды, чтобы определить цели проекта и разработать эффективное решение.

**Концептуализация и создание концепт-дизайна:** дизайнер разрабатывает концепты, идеи и философию проекта, используя различные методы и инструменты, такие как скетчинг, макеты, мудборды и мокапы.

**Моделирование, визуализация и графическое представление:** дизайнер создает эстетически привлекательные визуальные и графиче-

ские образы, такие как рендеры, полигональные и твердотельные модели, риги персонажей, логотипы, иконки, макеты веб-страниц, элементы брендинга и т. п.

**Прототипирование и тестирование:** дизайнер разрабатывает прототипы продукта для тестирования и итерации, чтобы убедиться, что конечное решение соответствует ожиданиям пользователя.

**Коммуникация и сотрудничество:** дизайнер работает в команде с разными специалистами, такими как инженеры, программисты, радиотехники, маркетологи и экономисты, чтобы обеспечить согласованность и успешное выполнение проекта. Каждый проект, в котором участвует дизайнер, реализуется командой с очень разным составом, который зависит от темы проекта.

**Управление брендом и пользовательским опытом:** дизайнер разрабатывает стратегию брендинга, касающиеся визуальной идентичности, типографии, цветовой гаммы и других аспектов, чтобы создать уникальный и узнаваемый облик бренда. Он также работает над созданием гладкого пользовательского опыта, учитывая навигацию, взаимодействие и эргономику.

**Ответственность за устойчивость и экологичность:** современные дизайнеры все больше уделяют внимание устойчивости и экологическим аспектам в своих проектах, пытаются минимизировать отрицательное воздействие на окружающую среду и использовать устойчивые материалы и технологии.

Кроме многофункциональности, о которой было сказано выше, нужно выделить три степени погружения или влияния дизайнера в проект.

Во-первых, есть такое распространённое явление как «стайлинг» [8], очень распространённый вид дизайнерской деятельности, при котором перед дизайнером ставится задача сделать красивым уже сделанный внешними инициаторами (чаще всего инженерами и управленцами) продукт, внешний вид которого самим инициаторам кажется непривлекательным. В этом случае дизайнер имеет возможность вносить лишь минимальные изменения, которые существенно не влияют на производственные и основные эксплуатационные характеристики. Для «стайлинга» дизайнера чаще всего приглашают на стадии предсерийного образца.

Во-вторых, есть примеры, когда дизайнер является держателем проекта и управляет ходом его развития, т. е. действует как предприниматель. Такую дизайнерскую деятельность принято называть «девелопментом». Степень свободы в этом случае выше, однако вместе со степенью свободы возрастает и степень ответственности за решения, принимаемые в интересах проекта. «Девелопментом» дизайнер занимается только в том случае,

если сам является инициатором проекта или является частью команды инициаторов.

В-третьих, есть такие направления дизайнерской деятельности, как «концепция» и «футурология», т. е. проектные прогнозы краткосрочный и долгосрочный соответственно. В этом случае перед дизайнером не стоит задача реализации, однако дизайнер должен на основе общеизвестных тенденций, например в науке и технике, спрогнозировать появление новых типологий вещей, продуктов или услуг.

Обобщая сказанное выше, можно сказать, что в современном проектировании дизайнер может играть роль не только художника-конструктора, но и стратега, исследователя и коммуникатора, который помогает создать инновационные, эффективные и уникальные продукты и услуги [6–8].

Наибольшее значение для развития отечественного бизнеса в современных условиях имеет продуктовый, а именно *промышленный и графический дизайн*.

Промышленный дизайн относится к проектированию и разработке товаров и продуктов, которые будут использоваться в производстве и торговле. Графический дизайн связан с созданием визуальных элементов, таких как логотипы, рекламные баннеры, упаковка товаров и многое другое.

Промышленный дизайн включает в себя разработку формы, функциональности и эргономики продукта. Дизайнеры работают над тем, чтобы товары были удобными и привлекательными для потребителей, а также соответствовали требованиям производства и продажи. Они учитывают такие факторы, как материалы, производственные процессы, технологические ограничения и бюджет. Графический дизайн связан с созданием визуальных элементов, которые привлекают и запоминаются аудиторией. Дизайнеры работают над созданием эстетически приятных и функциональных элементов дизайна, которые могут использоваться в печатных и цифровых медиа.

**Вывод.** Оба вида дизайна – промышленный и графический – являются важными и неотъемлемыми компонентами различных отраслей и индустрий. Промышленный дизайн помогает создавать инновационные и эффективные продукты, а графический дизайн обеспечивает эффективное маркетинговое воздействие и создает узнаваемый бренд.

Однако просто иметь красивый дизайн недостаточно. Любой продукт должен разрабатываться системно с учётом всех факторов влияния, он должен быть целостным, востребованным, функциональным, удобным, прочным, технологичным и современным.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цыганкова Э. Г. У истоков дизайна: (Машины и стили) / АН СССР. М.: Наука, 1977. 112 с.
2. Глазычев В. О дизайне. Очерки по теории и практике дизайна на Западе. М.: Искусство, 1970. 191 с.
3. Нартя В.И., Суиндигов Е.Т. Основы конструирования объектов дизайна. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 264 с.
4. Глебов И.Т. Методы технического творчества. Изд. 2-е, стер. Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2017. 110 с.
5. Вильямс Р. Дизайн для Недизайнеров. М.: Символ, 2015. 192 с.
6. Алексеев Г.В., Леу А.Г. Основы защиты интеллектуальной собственности. Создание, коммерциализация, защита. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 388 с.
7. Акулич М.В. Использование в инновационном маркетинговом анализе предсказания будущих потребностей // Маркетинг: идеи и технологии. 2015. № 9. С. 45–50.
8. Шокорова Л.В. Дизайн-проектирование: стилизация. М.: Юрайт, 2020. 111 с.
9. Малахов С.А. Композиционный метод как эксперимент по возникновению новой функции и нового языка // Градостроительство и архитектура. 2012. № 4 (8). С. 48–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2012.04.9.
10. Раков А.П. Метод гуманизации технических концепций в архитектуре экстремальных условий обитания: дис. ... канд. арх. наук: 05.23.20. Н. Новгород, 2013. 300 с.

## REFERENCES

1. Tsygankova E.G. *U istokov dizajna: (Mashiny i stili)* / AN SSSR [At the origins of design: (Machines and styles )/USSR Academy of Sciences]. Moscow, Nauka, 1977. 112 p.
2. Glazychev V. *O dizajne. Oчерki po teorii i praktike dizajna na Zapade* [Design. Essays on the theory and practice of design in the West]. Moscow, Art, 1970. 191 p.
3. Nartya V.I., Suindikov E.T. *Osnovy konstruirovaniya ob'ektov dizajna* [Basics of design of design objects]. Moscow, Infra-Engineering, 2019. 264 p.
4. Glebov I.T. *Metody tehničeskogo tvorčestva* [Methods of technical creativity]. St. Petersburg, Lan, 2017. 110 p.
5. Williams R. *Dizajn dlja Nedizajnerov* [Design for the Nedisiners]. Moscow, 2015. 192 p.
6. Alekseev G.V., Leu A.G. *Osnovy zashhity intellektual'noj sobstvennosti. Sozdanie, kommercializacija, zashhita* [Fundamentals of intellectual property protection. Creation, commercialization, protection]. St. Petersburg, Lan, 2020. 388 p.
7. Akulich M.V. Use in innovative marketing analysis of predicting future needs. *Marketing: idei i tehnologii* [Marketing: Ideas and Technologies], 2015, no. 9, pp. 45–50. (in Russian)
8. Shokorova L.V. *Dizajn-proektirovanie: stilizacija* [Design: stylization]. Moscow, Yurait, 2020. 111 p.

9. Malakhov S.A. Compositional method as an experiment on the emergence of a new function and a new language. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2012, no. 4(8), pp. 48–52. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2012.04.9

10. Rakov A.P. *Metod gumanizacii tehniceskikh koncepcij v arhitekture jekstremal'nyh uslovij obitaniya. Cand, Diss.* [Method of humanization of technical concepts in the architecture of extreme living conditions. Cand. Diss.]. Nizhny Novgorod, 2013. 300 p. (In Russian)

Об авторах:

**РАТИЕВА Юлия Сергеевна**

ассистент кафедры инновационного проектирования Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: yanaklink@gmail.com

**RATIEVA Yulia S.**

Assistant of the Innovative Design Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: aveitar@mail.ru

**РОГАТИНА Юлия Викторовна**

доцент кафедры инновационного проектирования Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: julir.07@mail.ru

**ROGATINA Yulia V.**

Associate Professor of the Innovative Design Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: julir.07@mail.ru

Для цитирования: Ратиева Ю.С., Рогатина Ю.В. «Формы свободного выбора» и роль дизайнера в современном проектировании // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 177–182. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.24.

For citation: Ratieva Yu.S., Rogatina Yu.V. “Forms of free choice” and role of designer in modern design. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 177–182. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.24.

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
«ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»**



Журнал включен с 01.12.2013 г. в Перечень ВАК, категория К-1, индексируется в системе РИНЦ, каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

Подписной индекс в каталоге агентства «Урал-Пресс»: 70870

Рубрики  
• Строительство  
• Архитектура

Полный перечень рубрик можно посмотреть на официальном сайте журнала [journals.sco-tech.ru](http://journals.sco-tech.ru)

**ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ БЕСПЛАТНЫЕ**

**Александр Кутылов СТЕЛКОВ**  
доктор технических наук, главный редактор

443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
тел. (846) 242-36-98; +79276510709  
[vestnik@yandex.ru](mailto:vestnik@yandex.ru)



Е. А. СУХИНИНА

## ЗНАЧИМОСТЬ АРХИТЕКТУРНЫХ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ В СИСТЕМАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ЗДАНИЙ

THE SIGNIFICANCE OF ARCHITECTURAL, TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL  
ASPECTS IN BUILDING ENVIRONMENTAL CERTIFICATION SYSTEMS

*Критерии экологических стандартов в строительстве включают множественные требования по организации устойчивой территории, уменьшению потребления водных и энергетических ресурсов, использованию экологичных материалов, рациональному обращению с отходами, созданию благоприятного микроклимата для пользователей. Основной целью исследования становится определение соотношения и значимости архитектурных, технологических и экологических аспектов в международных (LEED, BREEAM) и российских (ГОСТ Р 70346-2022, ГОСТ Р 54964-2012, КЛЕВЕР, GREEN ZOOM) системах экологической сертификации, оказывающих влияние на формирование архитектурной среды в российских городах. Методология исследования используется комплексная с математическим анализом требований рейтинговых систем и последующим их сравнением. Распределение критериев в разделах действующих международных и российских систем сертификации не всегда сбалансированное. В основном преобладают инженерно-технологические мероприятия, при реализации которых зданию присваиваются баллы. Необходимо увеличение критериев по экологичным архитектурно-планировочным решениям и повышение роли архитектора при экологической сертификации объекта.*

**Ключевые слова:** экологический стандарт, «зелёное» строительство, устойчивое развитие, экологические мероприятия, критерии экологической оценки, экологический подход, архитектурная среда, здание

*The criteria for environmental standards in construction include requirements for organizing a sustainable territory, reducing the consumption of water and energy resources, using environmentally friendly materials, rational waste management, and creating a favorable microclimate for users. The main goal is to study architectural, technological and environmental aspects in international (LEED, BREEAM) and Russian (GOST R 70346-2022, GOST R 54964-2012, KLEVER, GREEN ZOOM) systems that influence the formation of the architectural environment in Russian cities. The research methodology used is complex with mathematical analysis of requirements and their comparison. The distribution of criteria is not balanced. Engineering and technological activities predominate. It is necessary to increase the criteria for environmentally friendly architectural and planning solutions. The role of the architect in the certification of the object should be increased.*

**Keywords:** environmental standard, green building, sustainable development, environmental measures, environmental assessment criteria, environmental approach, architectural environment, building

**Введение.** Уменьшение пагубного воздействия на природу становится одной из главных задач на сегодняшний день. Реализация целей

устойчивого развития в строительной отрасли подкрепляется требованиями систем экологической сертификации для зданий. Первые

экологические стандарты (далее экостандарты) появились в зарубежных странах в конце XX в. (BREEAM, LEED) [1,2]. Российские системы получили апробацию только в 2010–2014 гг. при строительстве олимпийских объектов в Сочи [3]. Английская система BREEAM стала первым экостандартом, используемым в России. В 2008 г. офисный центр Дукат Плейс III получил рейтинг BREEAM Very Good (рис. 1).

Сегодня «зелёный» стандарт в России – это государственное требование. В крупных городах все активнее включаются «зелёные» технологии в многофункциональные жилые комплексы. Застройщики получают экологический сертификат после года эксплуатации объекта с целью подтверждения соответствующих показателей. Из-за удорожания строительства и трудности внедрения «зелёных» решений не все застройщики стремятся проводить экосертификацию новых объектов, но есть передовики, которые осознают необходимость экономии ресурсов и уменьшения «экологического следа» от здания [4]. Согласно последним опросам горожан, всё больше желающих жить в «зелёных» новостройках, видя, что счета за квартплату меньше, чем у соседних домов, а 54 % готовы платить небольшую надбавку за повышение их энергоэффективности [5, 6].

За прошедший 2022 г. в России были разработаны следующие системы экологической сертификации для объектов недвижимости: ГОСТ Р 70346-2022 «Зелёные» стандарты. Здания многоквартирные жилые «зелёные». Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации; Национальная система от ВЭБ.РФ «КЛЕВЕР»; экологический стандарт SetGreen [7].

Увеличение объёмов экосертификации зданий в крупных российских городах (Москва, Санкт-Петербург, Владивосток, Архангельск, Екатеринбург и др.) создаёт необходимость выявить значимость архитектурных, технологических и экологических аспектов при экосертификации и влияние их требований на

формирующуюся экологически безопасную архитектурную среду [8].

*Объект исследования* – российские и зарубежные системы экологической сертификации для зданий.

*Предмет исследования* – архитектурные, технологические и экологические аспекты в рассматриваемых документах.

*Цель исследования* – определить значимость архитектурных, технологических и экологических аспектов в российских и зарубежных экостандартах в строительстве.

*Задачи исследования:*

- с помощью математического метода анализа определить количество требований по «архитектуре», «технологиям» и «экологии» в рейтинговых системах;
- провести сравнительный анализ выявленных значений между собой;
- предложить направления для развития экосертификации в России.

## Методы

Методология исследования используется комплексная с математическим и сравнительным методами анализа. Подсчитываются все требования, используемые при экооценке объекта. Выделяются критерии, касающиеся архитектурного, технологического и экологического аспектов (рис. 2). Далее производится сопоставление показателей и сравнительный анализ результатов.

*Архитектурный аспект* – это комплекс мероприятий, направленный на реализацию экологических мероприятий в объёмно-планировочных приёмах при выборе формы, конструкций, материалов и эстетических решений объекта.

*Технологический аспект* – включает комплекс инженерно-технических «зелёных» решений, способствующих экономии природных ресурсов и позволяющих автоматизировать все процессы в объекте.

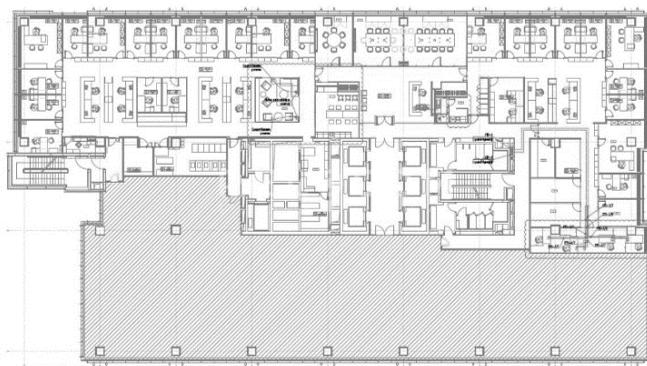


Рис. 1. Дукат Плейс III – первое здание в России, сертифицированное по BREEAM



Рис. 2. Блок-схема используемой методологии для математического анализа экологических стандартов

*Экологический аспект* – направлен на уменьшение влияния объекта на окружающую среду при строительстве, эксплуатации и последующей утилизации.

### Результаты исследования

#### Анализ экологических стандартов

В авторском научном исследовании для анализа было выбрано два международных экостандарта – BREEAM International New Construction и LEED v4 for Building Design and Construction как наиболее используемых в мировой архитектурной практике. В качестве российских документов исследуются – ГОСТ Р 70346-2022 «Зелёные» стандарты. Здания многоквартирные жилые «зелёные». Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации»; ГОСТ Р 54964-2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости»; Национальная система от ВЭБ.РФ «КЛЕВЕР»; GREEN ZOOM «Практические рекомендации по снижению энергоёмкости и повышению экологичности объектов гражданского и промышленного строительства. Новое строительство» (табл. 1).

Используя авторскую методологию, вычислим количество требований по «архитектуре», «технологиям» и «экологии» в зарубежных и российских системах.

Систематизируем требования экостандарта LEED v4 for Building Design and Construction по оценочным категориям (архитектура, технологии, экология), выделив соответствующие критерии из системы<sup>1</sup>. Проведем вычисления

<sup>1</sup> Объемно-планировочное и композиционное решение: 1. LEED для развития районного соседства; 2. открытое

пространство; 3. уменьшение «теплового острова»; 4. генеральный план участка; 5. прямой внешний доступ для пациентов; 6. использование возобновляемой энергии; 7. минимальные акустические характеристики; 8. естественное освещение; 9. качество просмотров (дневной свет); 10. акустическое исполнение.

*Использование материалов:* 1. повторное использование материалов; 2. вторичные ресурсы; 3. региональные материалы; 4. быстро возобновляемые материалы; 5. сертифицированная древесина; 6. создание информации о продукте и его оптимизация – поиск сырья; 7. создание и раскрытие информации о продуктах – отчетность по ингредиентам материалов; 8. использование ресурсов – дизайн для гибкости (здоровоохранение); 9. низкоэмиссионные материалы.

*Технологические решения:* 1. интегративный процесс (поощряет ранний анализ энергетических и водных систем дизайна); 2. рекультивация загрязненных земель; 3. оценка расположения – защита или восстановление среды обитания; 4. управление дождевой водой; 5. сокращение использования воды в помещениях (градирни); 6. минимальное использование питьевой воды для охлаждения медицинского оборудования (здоровоохранение); 7. учет воды на уровне здания; 8. водосберегающий ландшафт; 9. инновационные технологии очистки сточных вод; 10. сокращение водопользования (техническая вода); 11. водоохладитель; 12. замер воды (общее количество); 13. фундаментальный ввод в эксплуатацию и проверка; 14. минимальное энергопотребление; 15. учет энергии на уровне здания; 16. основное управление хладагентом; 17. улучшенный ввод в эксплуатацию; 18. оптимизация энергетических показателей; 19. усовершенствованный учет энергии (использование счетчиков); 20. ответ по требованию (реагирование спроса); 21. улучшенное управление хладагентом; 22. измерение и проверка (верификация); 23. минимальное качество воздуха в помещении; 24. экологический контроль табачного дыма; 25. мониторинг доставки наружного воздуха; 26. улучшенная вентиляция; 27. усовершенствованные стратегии качества воздуха в помещениях; 28. план управления качеством воздуха в помещениях;

Таблица 1

## Характеристика экологических стандартов для зданий

| Обозначение               | BREEAM   | LEED  | ГОСТ Р 54964-2012       | ГОСТ Р 70346-2022       | КЛЕВЕР   | GREEN ZOOM  |
|---------------------------|--|---|-------------------------|-------------------------|--|---|
| Год введения              | 2018   | 2016  | 2012                    | 2022                    | 2022   | 2019  |
| Страна разработчик        | Великобритания   | США   | Россия                  | Россия                  | Россия   | Россия  |
| Кол-во разделов экооценки | 10   | 9   | 9                       | 10                      | 10   | 8   |
| Кол-во критериев          | 55   | 83  | 53                      | 81                      | 69   | 47  |
| Оценка жизненного цикла   | Да   | Да  | Да                      | Нет                     | Да   | Да  |
| Рейтинг объекта           | Удовлетворительно (> 30 %)<br>Хорошо (> 45 %)<br>Очень хорошо (> 55 %)<br>Отлично (> 70 %)<br>Превосходно (> 85 %) | Сертификат LEED (40-49)<br>Серебряный сертификат (50-59)<br>Золотой сертификат (60-79)<br>Платиновый сертификат (80+) | Сертификат соответствия | Сертификат соответствия | Бронзовый сертификат (40-49)<br>Серебряный сертификат (50-59)<br>Золотой сертификат (60-79)<br>Платиновый сертификат (80-99)<br>Бриллиантовый сертификат (> 100) | Бронзовый сертификат (от 35)<br>Серебряный сертификат (от 45)<br>Платиновый сертификат (от 70 баллов) |

по определению количества требований, без учёта соотношений баллов при сертификации:

$$A^E = (10 + 9) \cdot \left(\frac{100}{83}\right) = 22,8 \% \text{ (Архитектура);}$$

$$T^E = \left(\frac{100}{83}\right) \cdot 33 = 39,6 \% \text{ (Технологии);}$$

$$Э^E = \left(\frac{100}{83}\right) \cdot 12 = 14,4 \% \text{ (Экология).}$$

29. оценка качества воздуха в помещении; 30. внутренний контроль за источниками химических веществ и загрязнителей; 31. управляемость систем – освещение; 32. тепловой комфорт; 33. внутреннее освещение.

*Экологические решения:* 1. устойчивая защита земли; 2. предотвращение загрязнения строительной деятельности; 3. экологическая оценка участка; 4. рекультивация загрязненных земель; 5. оценка расположения – защита или восстановление среды обитания; 6. уменьшение загрязнения; 7. основное управление хладагентом; 8. улучшенное управление хладагентом; 9. уменьшение источника РВТ; 10. снижение воздействия на жизненный цикл здания; 11. сокращение источника РВТ – ртуть (здравоохранение); 12. сокращение источника РВТ – свинец, кадмий, медь (здравоохранение).

Систематизируем требования экостандарта **BREEAM International New Construction** по оценочным категориям (архитектура, технологии, экология), выделив соответствующие критерии из системы<sup>2</sup>. Проведем вычисления по определению количества требований:

<sup>2</sup> *Объемно-планировочное и композиционное решение:*

1. краткое описание и дизайн проекта; 2. акустическое исполнение; 3. личное пространство; 4. наружное освещение; 5. низкоуглеродистый дизайн; 6. близость инфраструктуры; 7. устойчивый ландшафт и охрана границ; 8. выбор участка; 9. снижение светового загрязнения в ночное время; 10. уменьшение шумового загрязнения.

*Эстетические решения:* визуальный комфорт.

*Использование материалов:* 1. отслеживание жизненного цикла; 2. достоверный источник добычи и производства материалов; 3. эффективная изоляция; 4. устойчивое проектирование; 5. эффективные материалы.

*Технологические решения:* 1. качество воздуха в помещении; 2. безопасный анализ в лабораториях; 3. тепловой комфорт; 4. качество воды; 5. сокращение использования энергии и углеродных выбросов; 6. мониторинг энергии; 7. энергоэффективные холодильные установки; 8. энергоэффективные транспортные системы; 9. энергоэффективные лабораторные системы; 10. энер-

$$A^E = (10+1+5) \cdot \left(\frac{100}{55}\right) = 29,12 \% \text{ (Архитектура);}$$

$$T^E = \left(\frac{100}{55}\right) \cdot 16 = 29,12 \% \text{ (Технологии);}$$

$$Э^E = \left(\frac{100}{55}\right) \cdot 7 = 12,64 \% \text{ (Экология).}$$

Систематизируем требования экостандарта *ГОСТ Р 70346-2022 «Зелёные» стандарты. Здания многоквартирные жилые «зелёные». Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации»* по оценочным категориям (архитектура, технологии, экология)<sup>3</sup> [9].

гоэффективное оборудование; 11. потребление воды; 12. мониторинг воды; 13. обнаружение утечки воды; 14. водосберегающее оборудование; 15. влияние хладагентов; 16. инновации.

*Экологические решения:* 1. устойчивый ландшафт и охрана границ; 2. экологическая ценность участка и защита окружающей среды; 3. минимизация влияния на существующую экологию участка; 4. улучшение экологии местоположения; 5. долгосрочное воздействие на биоразнообразие; 6. влияние хладагентов; 7. выбросы  $NO_x$ .

<sup>3</sup> *Объемно-планировочное и композиционное решение:* 1. участок строительства; 2. спортивные и детские игровые площадки; 3. «зелёная» кровля; 4. градостроительные решения; 5. личное пространство; 6. возобновляемые ресурсы; 7. пассивные меры энергосбережения; 8. применение экологических средств при эксплуатации; 9. зелёные ограждения территории; 10. сокращение светового загрязнения; 11. высочайший класс энергоэффективности; 12. альтернативные источники энергии; 13. интеграция оборудования альтернативной энергетики.

*Эстетические решения:* 1. качество архитектуры; 2. визуальный комфорт.

*Использование материалов:* 1. ответственный подход к выбору строительных материалов; 2. местные строительные материалы; 3. экологичные материалы; 4. светлые оттенки материалов; 5. демонтаж и утилизация материалов; 6. выбор отделочных материалов; 7. снижение углеродного следа здания от материалов и оборудования.

*Конструктивные решения:* возможность перепланировки.

*Технологические решения:* 1. независимая приемка инженерных систем и передача объекта в эксплуатацию; 2. эффективная эксплуатация здания; 3. охрана труда строителей здания; 4. система контроля углекислого газа в помещениях; 5. качество воды; 6. тепловой комфорт; 7. мониторинг качества воздуха; 8. потребление тепловой энергии и выбросы парниковых газов; 9. контроль потребления тепловой энергии; 10. энергосбережение в системах наружного освещения; 11. аккумулирование электрической энергии; 12. хладагенты; 13. демонстрация энергопотребления; 14. класс энергоэффективности; 15. энергоэффективные системы транспортировки; 16. сбор ливневых стоков; 17. водосберегающая арматура; 18. датчик протечки воды; 19. контроль сточных вод; 20. удельное водопотребление; 21. умное здание; 22. вторичные энергетические ресурсы; 23. возможность использования механического режима управления зда-

Проведем соответствующие вычисления:

$$A^E = (13+2+7+1) \cdot \left(\frac{100}{81}\right) = 28,52 \% \text{ (Архитектура);}$$

$$T^E = \left(\frac{100}{81}\right) \cdot 24 = 28,52 \% \text{ (Технологии);}$$

$$Э^E = \left(\frac{100}{81}\right) \cdot 12 = 14,88 \% \text{ (Экология).}$$

Изучим требования экостандарта *ГОСТ Р 54964-2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости»* по оценочным категориям (архитектура, технологии, экология)<sup>4</sup>.

нием; 24. интеграция оборудования альтернативной энергетики.

*Экологические решения:* 1. «зелёная» кровля; 2. шумовое воздействие; 3. инфразвуковое воздействие; 4. ионизирующее излучение; 5. электромагнитное излучение; 6. плодородный слой; 7. защита деревьев; 8. отсутствие вредных производств; 9. применение экологических средств при эксплуатации; 10. зелёные ограждения территории; 11. сокращение светового загрязнения; 12. изменение климата.

<sup>4</sup> *Объемно-планировочное и композиционное решение:* 1. оптимизация проектных решений; 2. выбор участка под строительство; 3. доступность объектов социально-бытовой инфраструктуры; 4. обеспеченность придомовой территории физкультурно-оздоровительными, спортивными и игровыми площадками; 5. озелененность территории; 6. инсоляция прилегающей территории; 7. защищенность придомовой территории от шума, вибрации и инфразвука; 8. доступность зданий для маломобильных групп населения; 9. обеспеченность помещений естественным освещением и инсоляцией; 10. озеленение здания; 11. обеспеченность полезной площадью; 12. комфортность объемно-планировочных решений; 13. размещение объектов социально-бытового назначения в здании; 14. оптимальность формы и ориентации здания; 15. световой комфорт; 16. акустический комфорт; 17. использование возобновляемых энергоресурсов; 18. повышение эффективности энергетической инфраструктуры.

*Эстетические решения:* 1. близость водной среды и визуальный комфорт; 2. качество архитектурного облика здания.

*Технологические решения:* 1. ландшафтное орошение; 2. освещенность территории и защищенность территории от светового загрязнения; 3. защищенность от ионизирующих и электромагнитных излучений; 4. воздушно-тепловой комфорт; 5. защищенность помещений от накопления радона; 6. контроль и управление системами инженерного обеспечения здания; 7. контроль и управление воздушной средой; 8. водоснабжение здания; 9. утилизация стоков; 10. водосберегающая арматура; 11. предотвращение загрязнения поверхностных и грунтовых вод; 12. нарушения естественных гидрологических условий; 13. снижение расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания; 14. снижение расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение; 15. снижение расхода электроэнергии; 16. удельный суммарный расход первичной энергии на системы инженерного обеспечения; 17. использование вторичных энергоресурсов; 18. обеспечение резервного электро-

Проведем соответствующие вычисления:

$$A^E = (18 + 2) \cdot \left(\frac{100}{53}\right) = 37,8 \% \text{ (Архитектура);}$$

$$T^E = \left(\frac{100}{53}\right) \cdot 20 = 37,8 \% \text{ (Технологии);}$$

$$Э^E = \left(\frac{100}{53}\right) \cdot 5 = 9,45 \% \text{ (Экология).}$$

Проанализируем требования «Национальной системы от ВЭБ.РФ «КЛЕВЕР» по оценочным категориям (архитектура, технологии, экология)<sup>5</sup>.

Проведем соответствующие вычисления:

$$A^E = (10 + 1 + 6) \cdot \left(\frac{100}{69}\right) = 24,65 \% \text{ (Архитектура);}$$

$$T^E = \left(\frac{100}{69}\right) \cdot 17 = 24,65 \% \text{ (Технологии);}$$

$$Э^E = \left(\frac{100}{69}\right) \cdot 3 = 4,35 \% \text{ (Экология).}$$

Систематизируем требования экостандарта GREEN ZOOM «Практические рекомендации по снижению энергоёмкости и повышению экологичности объектов гражданского и промышленного строительства. Новое строи-

снабжения; 19. обеспечение резервного теплоснабжения; 20. обеспечение резервного водоснабжения.

*Экологические решения:* 1. организация экологического менеджмента и мониторинга; 2. качество санитарной защиты; 3. охрана окружающей среды при строительстве, эксплуатации и утилизации объекта; 4. мероприятия по защите и восстановлению окружающей среды в процессе строительства; 5. минимизация воздействия на окружающую среду при строительстве, эксплуатации и утилизации здания.

<sup>5</sup> *Объемно-планировочное и композиционное решение:* 1. энергоэффективное здание; 2. энергоэффективная инфраструктура на участке; 3. пассивный дизайн; 4. выбор участка; 5. борьба с тепловым островом; 6. открытые пространства; 7. доступный дизайн; 8. тепловой комфорт; 9. естественное освещение; 10. биофильное проектирование.

*Эстетические решения:* эргономичный дизайн.

*Использование материалов:* 1. региональные материалы; 2. материалы с экомаркировкой; 3. материалы с переработанной составляющей; 4. повторное использование материалов; 5. низкое содержание и эмиссия ЛОС; 6. оценка воздействия жизненного цикла.

*Технологические решения:* 1. подготовка к энергоменеджменту; 2. энергоэффективные процессы; 3. хладагенты; 4. устойчивые методы снеготаяния; 5. экономная сантехника; 6. снижение потребления от процессов; 7. учет потребления воды; 8. контроль стоков; 9. сокращение протечек; 10. рекультивация; 11. качество воздуха; 12. эмиссии от внутренних загрязнителей; 13. искусственное освещение; 14. зарядные станции для электромобилей; 15. моделирование процессов; 16. СМР – учет ресурсов; 17. СМР – управление отходами.

*Экологические решения:* 1. световое загрязнение; 2. оценка участка строительства; 3. шумовое загрязнение.

*тельство»* по оценочным категориям (архитектура, технологии, экология)<sup>6</sup>.

Проведены вычисления по определению количества требований:

$$A^E = (6 + 1 + 6) \cdot \left(\frac{100}{47}\right) = 27,56 \% \text{ (Архитектура);}$$

$$T^E = \left(\frac{100}{47}\right) \cdot 18 = 38,3 \% \text{ (Технологии);}$$

$$Э^E = \left(\frac{100}{47}\right) \cdot 6 = 12,77 \% \text{ (Экология).}$$

Сравним количество критериев относительно «архитектуры», «технологий» и «экологии» в рассматриваемых системах экосертификации (табл. 2).

В результате сравнительного анализа определено, что по среднему показателю международные и российские системы практически в равных долях уделяют внимание архитектур-

<sup>6</sup> *Объемно-планировочное и композиционное решение:* 1. обеспечение пешеходной доступности различных объектов инфраструктуры; 2. сокращение локального перегрева; 3. достижение минимального значения энергоэффективности; 4. использование возобновляемых источников энергии; 5. обеспечение комфортного естественного освещения; обеспечение акустического комфорта; 6. обеспечение доступности для МГН.

*Эстетические решения:* обеспечение вида из окна.

*Использование материалов:* 1. безопасность строительных материалов для человека; 2. использование материалов с переработанной составляющей; 3. использование экологически безопасных материалов; 4. использование материалов из сертифицированной древесины; 5. локальные строительные материалы; 6. снижение эмиссии летучих органических соединений (ЛОС).

*Технологические решения:* 1. сокращение светового загрязнения среды; 2. сокращение объема потребления воды питьевого качества для полива вне здания; 3. сокращение объема потребляемой зданием воды питьевого качества; 4. водоэффективность градирен; 5. контроль протечек; 6. комиссинг; 7. измерение энергопотребления по всем потребителям энергии при эксплуатации здания; 8. использование хладагентов, не разрушающих озоновый слой; 9. оптимизация использования энергоресурсов и достижение максимального повышения энергоэффективности; 10. предотвращение поступления табачного дыма из окружающей среды; 11. повышение качества воздуха внутри помещений; 12. проведение математического моделирования температурных и скоростных полей; 13. мониторинг контроля качества воздуха внутри помещений в ходе строительства; 14. повышение качества воздуха помещений до ввода здания в эксплуатацию; 15. обеспечение возможности индивидуального регулирования параметров микроклимата в помещениях; 16. требования к искусственному освещению; 17. использование в проекте инноваций; 18. видеоролик об объекте.

*Экологические решения:* 1. предотвращение загрязнения окружающей среды в ходе строительных работ; 2. оценка земельного участка; 3. защита и восстановление растительности; 4. оценка качества почвы; 5. снижение углеродного следа; 6. LCA анализ.

ным и технологическим аспектам ~30 % (треть от всех требований системы). Наименьшее количество критериев по экологическим мероприятиям ~12 % во всех документах (рис. 3).

▪ Наибольшее количество требований по архитектурно-планировочным решениям представлено в российском стандарте ГОСТ Р 54964-2012 – 37,80 %, но в данном документе и значительное количество требований по инженерно-техническим мероприятиям – 37,80 %.

▪ Американская система LEED сосредоточена на высокотехнологичном оснащении здания – 39,60 %.

▪ В английском стандарте BREEAM в равной степени представлены критерии по «архитектуре» и «технологиям» – 29,12 %.

▪ В ГОСТ Р 70346-2022 и национальной системе КЛЕВЕР критерии по архитектурным и технологическим решениям занимают одну четвертую часть документа ~24-28 %.

Таблица 2

## Сравнительный анализ количества требований систем сертификации

| Название стандарта             | Объекты оценки                           | Процентная доля мероприятий, % |                           |                         |
|--------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|
|                                |  | Архитектура А <sup>Е</sup>     | Технологии Т <sup>Е</sup> | Экология Э <sup>Е</sup> |
| <b>МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ</b> |  |                                |                           |                         |
| LEED                           | Все объекты недвижимости                 | 22,80                          | 39,60                     | 14,40                   |
| BREEAM                         |  | 29,12                          | 29,12                     | 12,64                   |
| <b>РОССИЙСКИЕ СТАНДАРТЫ</b>    |  |                                |                           |                         |
| ГОСТ Р 70346-2022              | Жилые здания                             | 28,52                          | 28,52                     | 14,88                   |
| ГОСТ Р 54964-2012              | Все объекты недвижимости                 | 37,80                          | 37,80                     | 9,45                    |
| КЛЕВЕР                         |  | 24,65                          | 24,65                     | 4,35                    |
| GREEN ZOOM                     | Гражданское и промышленное строительство | 27,56                          | 38,30                     | 12,77                   |
| Среднее значение:              |  | 28,41                          | 33,00                     | 11,42                   |

\*Расчет процента требований по разделам производился без учета балльных оценок и коэффициентов.

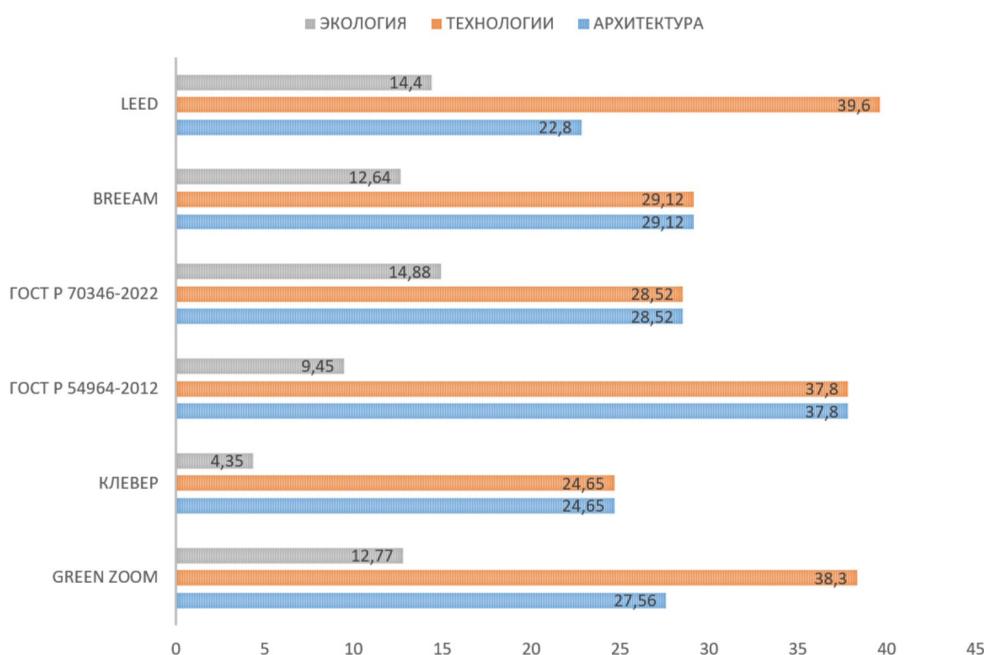


Рис. 3. Диаграмма сравнительного анализа экологических стандартов

▪ в GREEN ZOOM «архитектурных» мероприятий значительно меньше – 27,56 %, чем «технических» – 42,40 %.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что в требованиях систем экосертификации для зданий недостаточно внимание уделе-

но экологичным архитектурно-планировочных приёмам [10, 11]. Нужно стремиться создавать экологичную уникальную архитектуру, а не механизм по экономии ресурсов и автоматизации всех процессов, с зависимостью от энергии из вне (рис. 4).



Рис. 4. Пример экологической реабилитации учебного корпуса СГУ, Саратов

**Выводы.** 1. С помощью математического анализа критериев зарубежных и российских экостандартов определена значимость «архитектуры», «технологий» и «экологии» в системах экологической сертификации. Выявлена инженерно-технологическая направленность требований анализируемых документов (LEED, BREEAM, ГОСТ Р 70346-2022, ГОСТ Р 54964-2012, КЛЕВЕР, GREEN ZOOM).

2. При сравнении выявленных значений между собой определено, что международные и российские системы практически в равных долях уделяют внимание архитектурным и технологическим аспектам при сертификации. Наименьшее количество критериев по экологии и охране окружающей среды.

3. В действующих и разрабатываемых российских экостандартах следует увеличить долю требований по архитектуре при взаимозаменяемости «инженерно-технических» критериев на «архитектурно-планировочные». Повысить роль архитектора-проектировщика при экологической сертификации объекта.

Для дальнейшего развития экологической сертификации в России необходимы:

- меры государственной поддержки (дополнительные льготы, снижение, налогов, беспроцентные ипотеки);
- «зелёное» проектное финансирование;

- доработка нормативной базы РФ по экологическому строительству;

- информационная пропаганда «зелёных» решений для населения;

- обучающие программы по защите окружающей среды в детсадах и школах;

- экологизация всех сфер общественной жизни.

Сейчас данные проекты находятся на уровне обсуждения и разработки. Все больше застройщиков начинают осознавать необходимость «зелёной» сертификации. Для этого нужен инструмент внедрения экологических решений в архитектурное пространство. Главной целью экологической сертификации в России должно стать стремление улучшить качество жизни и архитектурное пространство в городах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nesteby Å.I., Aarrestad M.E., Lohne J., Bohne R.A. Integration of BREEAM-NOR in Construction Projects // Utilizing the Last Planner System. Energy Procedia. 2016. Т. 96. С. 100–111. DOI: 10.1016/j.egypro.2016.09.110

2. Pushkar S. Evaluating LEED commercial interior (LEED-CI) projects under the LEED transition from v3 to v4: the differences between China and the US // Heliyon. 2020. Т. 6. № 8. С. e04701. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04701>.

3. Сухина Е.А. История возникновения и практика применения экологических стандартов в архитектуре и строительстве: монография. Саратов: СГТУ, 2022. 244 с.
4. Zulkefli N.S., Mohd-Rahim F.A., Zainon N. Integrating Building Information Modelling (BIM) and Sustainability to Greening Existing Building: Potentials in Malaysian Construction Industry // International journal of sustainable construction engineering and technology. 2020. T. 11. № 3. С. 76–83. DOI: 10.30880/ijscet.2020.11.03.008.
5. Круглый стол на тему: «Зелёные» новостройки». 2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7SPnMQrtikI>. (дата обращения: 01.02.2023).
6. Рынковская М.И., Цурин Е.Д. Процесс адаптации международных концепций устойчивого строительства в России // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 166–176. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.21.
7. Setl Group. Новый стандарт экологичного строительства SetlGreen [Электронный ресурс]. URL: <https://setlgroup.ru/news/2216>. (дата обращения: 04.02.2023).
8. Вавилова Т.Я. Актуальные тренды архитектурного проектирования в эпоху устойчивого развития. Часть 1. Учёт экологических факторов // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 147–155. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.20.
9. ГОСТ Р 70346-2022. «Зелёные» стандарты. Здания многоквартирные жилые «зелёные». Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200193111> (дата обращения: 27.07.2023).
10. Raouf A.M.I., Al-Ghamdi S.G. Building information modelling and green buildings: challenges and opportunities // Architectural engineering and design management. 2019. T. 15. № 1. pp. 1–28. DOI: 10.1080/17452007.2018.1502655.
11. Амер А.С.А., Норенков С.В. Принципы морфологии типогенеза экоустойчивой архитектуры «растущего» жилища (на примере России и Египта) // Приволжский научный журнал. 2019. № 2 (50). С. 113–121.
4. Zulkefli N.S., Mohd-Rahim F.A., Zainon N. Integrating Building Information Modelling (BIM) and Sustainability to Greening Existing Building: Potentials in Malaysian Construction Industry. International journal of sustainable construction engineering and technology. 2020. V. 11. N. 3. P. 76–83. DOI: 10.30880/ijscet.2020.11.03.008
5. Round table on the topic: “Green” new buildings” 2023. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=7SPnMQrtikI> (accessed 1 February 2023).
6. Rynkovskaya M.I., Tsurin E.D. Process of adaptation of international concepts of sustainable construction in Russia. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 166–176. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.21
7. Setl Group. SetlGreen's New Green Building Standard. Available at: <https://setlgroup.ru/news/2216> (accessed 4 February 2023).
8. Vavilova T.Ya. Current trends in architectural design in the era of sustainable development. Part 1. Accounting for environmental factors. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 147–155. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.20
9. GOST R 70346-2022. “Green” standards. The buildings are multi-apartment residential “green.” Evaluation Methodology and Criteria for Design, Construction and Operation”. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200193111> (accessed 27 July 2023).
10. Raouf A.M.I., Al-Ghamdi S.G. Building information modelling and green buildings: challenges and opportunities. Architectural engineering and design management. 2019. V. 15. N. 1. pp. 1–28. DOI: 10.1080/17452007.2018.1502655
11. Amer A.S.A., Norenkov S.V. Principles of morphology of the typogenesis of eco-stable architecture of a “growing” dwelling (on the example of Russia and Egypt). *Privolzhskij nauchnyj zhurnal* [Volga Scientific Journal], 2019, no. 2 (50), pp. 113–121. (in Russian)

## REFERENCES

1. Nesteby Å.I., Aarrestad M.E., Lohne J., Bohne R.A. Integration of BREEAM-NOR in Construction Projects. Utilizing the Last Planner System. Energy Procedia. 2016. V. 96. P. 100–111. DOI: 10.1016/j.egypro.2016.09.110
2. Pushkar S. Evaluating LEED commercial interior (LEED-CI) projects under the LEED transition from v3 to v4: the differences between China and the US. Heliyon. 2020. V. 6. N. 8. P. e04701. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04701
3. Sukhinina E.A. *Istorija vzniknovenija i praktika primenenija jekologicheskikh standartov v arhitekture i stroitel'stve: monografija* [The history of the emergence and practice of applying environmental standards in architecture and construction]. Saratov, SGTU, 2022. 244 p.

Об авторе:

**СУХИНИНА Елена Александровна**  
кандидат архитектуры, доцент, доцент кафедры  
архитектуры  
Саратовский государственный технический  
университет  
410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
E-mail: arx-art-lena@yandex.ru

**SUKHININA Elena Al.**  
PhD in Architecture, Associate Professor of the  
Architecture Chair  
Saratov State Technical University  
410054, Russia, Saratov, Politehnicheskaya str., 77  
E-mail: arx-art-lena@yandex.ru

Для цитирования: Сухинина Е.А. Значимость архитектурных, технологических и экологических аспектов в системах экологической сертификации зданий // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 183–192. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.25.

For citation: Sukhinina E.A. The significance of architectural, technological and environmental aspects in building environmental certification systems. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 183–192. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.25.



## НАУЧНО-ПРОЕКТНЫЙ ЦЕНТР «АРХИГРАД»



Градостроительство, градостроительные реконструкции, территориальное планирование, архитектурные и ландшафтные проектирование, реконструкция зданий и сооружений, экспертная деятельность, повышение квалификации руководителей и специалистов организаций

**Татьяна Владимировна БАВНОНСКАЯ**  
доктор архитектуры, профессор

443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 0102  
(846) 242-52-21  
bavnova1968@mail.ru

M. M. KASHIRIPOOR

## CREATIVE SOLUTION CONCEPT FOR URBAN STRUCTURE SUSTAINABILITY DEVELOPMENT

(For example: Architecture and planning structure of Iranian small cities)

КРЕАТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ СТРУКТУРЫ  
(На примере архитектурно-планировочной структуры малых городов Ирана)

*Special urgency for small cities in Iran represents developing problem guiding principles of transformation and development of architectural and planning structure, as well as applied technique of its evaluation in accordance with the requirements of sustainable development. This article describes leading forms of urban development settlements and identifies common principles which influence on sustainable urban development.*

*The objective of this article is to assert sustainable development theories which meets city planning structure and develop a sustainability concept for Iranian small cities. This will be done through studies that were influenced by addressing a rethinking in order to emphasize adapting new trend of sustainable development which focused on city planning structure, and suitable for Iranian small cities condition. Thus, the main tasks of study could be formulated as follows: define Iranian small cities planning structure features and problems; study recent sustainability documents and related urban development forms and principles; comparative analysis; and finally suggest a creative solution for architectural and planning structure for Iranian small cities condition.*

*The research used the method of analysis of latest international scientific literature and documents related to urban development sustainability in order to evaluate, compare and achieve a proper solution for Iranian small cities structures sustainability. It should be noted that such kind of analysis would be done only after analyzing and identifying the features and problems of the planning structure of Iranian small cities.*

*Results of study: The article reveals recent sustainable urban development forms and its interpretations in modern urban development theories; demonstrates Iranian cities structure features; Iranian cities general plans problems; urban forms and design principles for achieving the goals of sustainable urban development for conditions of Iran.*

*The scientific novelty of research is to study recent urban sustainable development forms and principles which related to urban structures; and suggest an appropriate and suitable concept for Iranian small cities development sustainability.*

*Особую актуальность для малых городов Ирана представляет нахождение решения проблем, определяющих принципы преобразования и развития архитектурно-планировочной структуры, а также прикладной методике ее оценки в соответствии с требованиями устойчивого развития. В данной статье описываются ведущие концепции градостроительного развития поселений и выявляются общие принципы, влияющие на устойчивое городское развитие.*

*Цель статьи – утвердить теории устойчивого развития, которые соответствуют структуре городского планирования, и разработать концепцию устойчивости для иранских малых городов. Это будет сделано с помощью исследований, на которые повлияло переосмысление, чтобы подчеркнуть адаптацию новой тенденции устойчивого развития, сосредоточенной на структуре городского планирования и подходящей для иранских малых городов. Таким образом, основные задачи исследования можно выделить следующие: определить особенности и проблемы планировочной структуры малых городов Ирана, изучить последние документы по устойчивому развитию и соответствующие концепции и принципы городского развития, провести сравнительный анализ, и наконец, предложить креативное решение архитектурно-планировочной структуры для условий малых городов Ирана.*

*В исследовании использовался метод анализа последней международной научной литературы и документов, связанных с устойчивостью городского развития, для оценки, сравнения и достижения правильного решения для устойчивости структур иранских малых городов. Надо отметить, что такой род анализа использовался только после анализа и выявления особенностей и проблем структуры планирования малых иранских городов.*

*Результаты исследования. В статье раскрывается актуальная устойчивая городская форма и ее интерпретации в современных градостроительных теориях, демонстрируются особенности структуры иранских городов, проблемы генеральных планов иранских городов, градостроительная концепция и принципы проектирования для достижения целей устойчивого городского развития в условиях Ирана.*

**Keywords:** *sustainable development concept, architectural and planning structure, sustainability principles, Iranian small cities, urbanization*

## Introduction

Regarding United Nations International Conference on Environment and Development (Rio de Janeiro, 1992) sustainable development of society is aimed at ensuring balanced between its three fundamental factors: social, economic and environment. Although in new era two new factors (management, technology) added to previous factors, many countries (including Iran) approved their sustainability strategic plan. But realization of this plan requires significant material and financial costs and, no less important, new thinking of the transition to new forms and methods of managing the settlements development. Therefore, the process of transition to sustainable development of settlements will be long enough. The most important means of transition to sustainable settlements development are:

- creation of a system of legislative and regulatory documents;
- improving government and monitoring system;
- development and implementation of programs for long-term planning and forecasting the settlements development;
- creation of a reliable and affordable system of information support for urban development;
- improving the system of training and re-training of specialists in government, scientific, design and teaching personnel in the field of urban planning.

Historical analysis of the Iranian city reveals different plans for the development of cities, which reached as a result of the cycle, stage of urbanization and urban planning legislation from 1907 to 1984. Urbanization in Iran received numerous changes in a very short time (from 1907 to 1984) in its foreign, domestic policy and economy from the change in the Shah dynasty; the development of the oil industry; two world wars; Islamic revolution in 1979 and 8 years of war with Iraq. The level of urbanization in Iran is now 75 % and the forecasts shows that by 2050 it will be about 85 %. If we add to these conditions the following information that population growth in the last century

*Научная новизна исследования заключается в изучении современных концепций и принципов устойчивого развития городов, связанных с городскими структурами, и предложении соответствующей и подходящей концепции устойчивого городского развития для малых городов Ирана.*

**Ключевые слова:** *концепция устойчивого развития, архитектурно-планировочные структуры, принципы устойчивости, иранские малые города, урбанизация*

in Iran has increased more than 8 times and the level of urbanization in the last 60 years has increased more than 10 times, we can see the scale of the problem that the government is facing for urbanization and the process of urban development and city expansion.

Iranian cities and their architecture have their own problems and characteristics. Urbanization continues in Iran and cities have their own migration problems from village to cities until now. This term very sensitive and critical in big and mega cities (like Tehran, Mashhad, Esfahan, Shiraz, Tabriz etc.). Urbanization process charts shows 5.5 % growth during the past 10 years (2006-2016).

If the major cities of Iran dedicated to extensive research, small towns insufficiently studied. However, this type of settlement is the most interesting from the point of view of sustainable development, because they preserve traditional crafts, methods of planning and development. In this situation one of the most important questions related to urban transformation and development plans which meets modern requirement and trends (sustainable development).

Hypothesis and main *purpose of this research* served as assumption that, sustainable development concept study and its interpretations in modern urban development theories could lead to methodological apparatus and leadership concept of predesign research for Iranian small cities.

The results of the study will be carried out in terms of the following tasks implementation:

- Iranian planning structure features and problems;
- recent sustainable development research includes forms (*compact city, eco-city, new urbanism, smart city and decentralized concentration*) and design principles (*compactness, integration, diversity, decentralization and originality*);
- comparative analysis and choosing the right solution;
- suggest a sustainable development concept for architectural and planning structure which appropriate for Iranian small cities condition.

Applied assessment methodology of architectural and planning structure would be developed

for this concept, including indicators revealing compliance with its requirements for sustainable development. In this way, general principles of sustainable development of the city are concretized for each component of the architectural and planning structure and it is possible to identify indicators for evaluate them.

### Research strategy and methodology

*Research methodology* would be used literature review; pattern recognition; identification and conceptualization methods for contribute the results of study. For this occasion, main stages and methodology of this research are like as follows:

1. Literature review and analysis method: latest scientific literature, interdisciplinary text and documents with a suitable thematic analysis related to sustainability, urban design and Iranian small cities problems.

2. Pattern recognition is the ability to see patterns in seemingly random information. The goal is to note the main patterns and concepts in the results of the first step. The second step looks for similarities or patterns in the sample and codes the results by concept.

3. Identification method: to recognize specific, problems and characteristic of Iranian urban forms (small cities), and its relation to sustainable urban forms development (results of part one and two).

4. Conceptualization method: in order to find and suggest a suitable theoretical connection between the identified sustainability concepts and Iranian small cities urban forms.

### Main part (discussion)

The development of industry and its concentration in urban areas at the end of XIX - beginning of the XX century brought to an aggravation population growth and territory problems. That made optimal approach searching problem to their planning that now more important than it was ever before. Major achievements in the study of urban planning development and urban construction principles related to urban planning theories, developed in the second half of the XIX and early XX centuries, particularly in E. Howard, F. Gibberd, P. Abercrombie works who formed modern understanding of small towns planning organization [1, 2]. Street network of city got free curved shape in accordance with the Camillo Sitte ideas, defending medieval aesthetic of urban environment [3]. New technique for urban planning became a group of organized houses around of dead-end street. This technique, which has been subsequently spread building of suburban settlements, not only provided the expressive planning, but also allows to iso-

late building from the busy main streets, creating a more secure living condition.

The next milestone in cities development has become a decentralized concept. The growth of large industrial centers was accompanied by a lack of suitable building land and led to appearance of the city expansion development plans concept beyond his own administrative territory and emergence of urban agglomerations.

Architecture and planning structure plays an important role in defining development directions of planning design documentations (Master plans and detailed planning projects). The main components of architectural and planning structure are: form of city plan, street network structure, planning skeleton filling including built-up and free territory for different purposes. Performed up to present architectural heritage research of Iranian small cities illuminate questions and do not effect on characteristic features of their plan, such as form of plan, streets network and mutual arrangement of functional zones [4]. At the same time process of urbanization continues in Iran and population of small towns increased by migrants from rural areas. Under these conditions, the actual problem is development of urban projects, meeting modern requirements.

Urban projects in Iran, in which transformation of urban planning and buildings takes place, are general (master) plan, guidance plan and detailed plan [5]. Before developing these documents, we must solve questions about identification and protection of national and regional characteristics of planning and building, as issues of city development and transformation in accordance with socio-economic requirements of inhabitant. Although specialized literature provides guidance on formation of the city, the problem of assessing planning structure of the city from the position of new urban concept is not solved academically yet. At the same time since the end of last century urban planning theory is developed under influence of sustainable settlements development concept, which received recognition in many countries of the world. Official reaction of this process starts from Brundtland Commission report, "Our Common Future" in 1987 [6]. However, applied research for sustainable development of small towns in the aspect of improving their planning and building are virtually absent. The first step to improve planning structure of small towns is improving its concept of architectural and planning structure which can help to establish a balance between tradition and innovation in urban planning in Iran.

In order to determine the directions of the city's development in Iran, as well as to satisfy the city's needs in a timely manner, cities general plans, master plans and detailed plan being de-

veloped for a 15-year period and after some years from the date of approval, revision is needed for many cities. In many cities, governmental body and cities managers tries and want to solve fundamentally their cities projects but they don't know how? How they could follow their cities projects for a long time and didn't change it for many years? How could sustainable development help them in this area?

It's very interested for them which international effort and research could answer them for their fundamental question "How I could evaluate city's structure and choose the most sustainable of them? What do they do in a situation like this? Could they evaluate their cities sustainability?".

### 1. Iranian planning structure features and problems

Small cities in Iran include settlements with 2000 to 50 000 people. Most of more than two thousand small towns of the country make up agrarian profile city, in which working population employed in agricultural production. As a rule, these settlements basically are centers of rural settlement. They have administrative facilities centered, trade, cultural and domestic service. Architecture and planning structure under consideration is the result of spontaneous development under influence of local landscape and climatic conditions, national traditions and Islamic religion.

A special feature planned structure of historically established city in Iran is its separation into the traditional residential formation – Mahalle. Mahalle is a traditional quarter, consisting of a cluster of houses, concentrated around the center, which has traditionally located market, bath, neighborhood mosque and drinking water place (Persian: ab-anbar). Nahiye larger planning formation, consisting of several mahalle at its center is located market district, city bath, school, big mosque and caravanserai. A number of studies of architectural and planning structure of Iranian cities indicate that it is being transformed under European traditions influence in urban planning and new way of life, actively uses achievements of modern technology (automobiles, information technology) [7]. However, changes in planning and building of cities marked only for major Iranian cities conditions (like Esfahan, Mashhad, Shiraz, Tabriz and Tehran) which focus significant potential of historical and cultural heritage of the country. At the same time, we could say small towns of the country practically not been studied. Their planning and development are significantly different from big cities and changes a little differently. For example, if in big cities built large residential complexes, high-rise apartment buildings, in small towns there are no

such buildings. For small towns actual problem is preserving distinctive architectural and planning structure in terms of road network and transport, as well as the city's problems of adaptation to the modern requirements of population, sports development arising, public events, tourism and medical services.

The main factors determining characteristics of planning structure of Iranian small towns are: family coefficient is 4; low level of female employment in economy (11 %) [8]; private land ownership; Islamic religion effect in social life; lack of industrial production; city economy depends on agricultural sectors [9]; a high level of motorization (175 cars per 1 thousand inhabitants) and imperfection of urban planning legislation [10, 11, 12].

General plans study materials of 16 small towns of Iran revealed the following problems of planning and buildings [2]:

- historically features city planning not always considered, such as: form of the plan, inscription of road network, placement of community centers character and landscape features of the area;
- some streets are so narrow (2-3 m), which do not correspond current standards in the country;
- cross-section of many streets does not include sidewalks, bicycle paths and does not meet safe movement requirements of pedestrians and bicyclists;
- ignored tradition and centers formation of mahalleh and nahiye before constructed residential structures planning in the second half of XX and beginning of XXI century;
- landscape and recreational areas are practically missing, however, area along the river is not arranged well;
- irregularity area development like empty territory that owned by private persons, coexist with densely built neighborhoods.

National features of planning and development can be considered the following characteristics:

- high building density;
- widespread use of single-family houses with plots;
- linear development of trading functions along the main street;
- dead-end street availability in a residential formation;
- peripheral zone formation of the city areas for agricultural purposes.

Most of studied cities have a compact shape plan, which is caused by a flat relief, lack of barriers in front of mountains and forests. Street network system represented by combined or free scheme, which is caused by change urban conditions during long process of development. Private network narrow streets create a small blocks sys-

tem of various contours and needs to be improved or better organization. Most of surveyed cities do not have bypass roads for truck transport, and their transit road are through historic center or city center. Master plans materials of cities have shown absence of existing architecture and planning structure assessment methodologies. As a rule, the authors of urban development projects guided by current regulations and statistical data. This approach leads to outdated planning decisions such as increase territory of city, lack of recommendations for improving quality of planning structures and building. Thus, one of the most important urban development projects issues for Iranian small cities conditions is lack of a common concept of conversion problem, based on actual formation principles of architectural and planning structure of cities, as well as applied methodology of its evaluation.

Sustainability realization and urban policies could have done regarding governmental organizations and their cooperation in all scale of country. Connection between local scale (country of Iran) and abroad local scale (world scale) could have done regarding international cooperation and following international plan like "agenda 21" or UN sustainability projects and rules.

Using bottom-up and top-down method of sustainability in urban area could help not only for monitoring, but also for urban policies and their effective realization. For this occasion, it would be more effective if we could divide urban research into the following scale:

- *Micro scale* (city, nahiye and mahalle): we have Neighborhood Council in every residential area of Iran, from village and their "mahalle" up to capital of Iran (Tehran - megacity). In many places (like small cities of Iran), we have technical person or consulting persons with an academic degree in their council. Each city has their own municipality organization which they have a "technical office" with minimum one person with a related academic degree for their civil and urban design works.

- *Macro scale* (region, province and country): Governorate, Provincial Government and Ministry of Interior have their own technical office for civil and urban affair too.

On the other hand, ministry of "Road and urban affair of Iran" have their own responsibility for academic research, urban legislations, urban design projects and their realization; and they have "Supreme Council for Architecture and Urban Design" which consists of many high-level academic professors cooperated, monitor and check every step in the architecture and urban planning of the country.

We could see some governmental effort and documents for planning like "Iran's 20-year vision plan" which tries to explain Iran's development in various area such as: cultural, scientific, econom-

ic, political and social fields. But we should know that this document doesn't have any overlap with international sustainability development systems.

It seems we have a good base for sustainability process management, policies and monitoring for Iranian urban area but we don't have a good plan and legislation in governmental scale. The lack of a strategic plan, legislations and a guide for sustainable urban development is one of the most important subjects for today's sustainability step in Iran.

## 2. Recent sustainable urban development research

Sustainable development interpreted as an urgent task that must be addressed by all residents and city leaders in order to ensure a high quality of the urban environment, high quality of life, and a balance between the anthropogenic and natural environments. The main goals of sustainable development of settlements are: decent housing for all; health and active longevity; a job that is satisfying and provides sufficient income; healthy and safe environment, life in harmony with nature; personal and property safety and security; social stability, life surrounded by friends and neighbors; convenient accessibility of urban infrastructure; preservation of historical and cultural monuments, landscapes; high architectural and artistic level of settlements development.

As can be seen from the list of goals, all of them can be determined by the material components of the planning structure of the city (availability of housing, healthy living conditions, rational organization of functional zones, spatial accessibility to social infrastructure facilities, etc.). At the same time, there is no theoretical basis for the development of urban planning projects that fully meet the requirements of sustainable development [13]. In order to achieve a sustainable urban structure, we need to analyses it from two main point of view: *sustainable urban forms and sustainable design principles*.

### A. Sustainable urban forms

A common approach transformation of the city was concept of sustainable development in many countries. In 1992 at the UN Conference on Environment and Development held in Rio de Janeiro, global challenges of sustainable development have been identified and adopted program document "Agenda XXI", contains recommendations for heads of all countries in the world to develop their strategic territories based on sustainable development programs. To date, specialists in urban design field more uses term sustainable development. Although 59 evaluation methodologies for sustainable human development prepared

by now, only 10 % of the total numbers are in architecture and urban planning area. However, impact condition evaluation of the architectural and planning structure of city on its sustainable development has not developed yet. Increased public attention to ecology and environmental protection, energy efficiency design solutions and using renewable energy sources are key factors for sustainable development, which displaced focus from territorial growth of the city on its conversion quality under design project documentation.

Within overall direction of sustainable development framework in contemporary publications on urban design subject, highlighted several urban development forms. In most urban design directions studied abstract city, for the most part large cities, and small settlements remain outside field of view of scientists. Thus, modern urban development adaptation directions of Iranian small town require their critical analysis. Jabareen distinguishes four forms of urban concept (Neotraditional development, urban containment, compact city and eco-city). He also nominates seven design principles in order to achieve the goals of sustainable urban development. These principles consist of: compactness; sustainable transport; diversity; mixed land use; density; greening and passive solar design [14]. Addition to the above approaches, a direction exists such as “Decentralized concentration” [15, 16]. Smart city as a main direction of urban form concept in past two decade and today’s following direction based on sustainable design would be add to this list too.

As part of the study, five main common sustainable urban forms (*compact, eco-city, new urbanism, smart city and decentralized concentration*) were studied, which allowing them to be used for the formation and reconstruction of the architectural and planning structure of cities.

**Compact city.** The idea of compact city arose in opposition to growth of large cities suburbs. It is believed that high density of buildings and population contributes to land preservation for agriculture, optimal for public passenger transport maintenance and decreases frequency of car use. Some authors point out, that considered city form leaves a smaller “ecological footprint” of society on the environment and reduces consumption of non-renewable resources [17]. Compact city model except high density of population and development, suggests a mixed land use and objects development like social and engineering infrastructure. Compact residential structures, open spaces shortage, management difficulty and high cost of land are some kinds of disadvantages of this settlement form [2]. Addition to the above factors should be taken into account, that compact residence tradition is fundamentally different in various countries

and regions. Densely built-up city exposed devastation in case of natural and man-made disasters.

**Eco-City.** Defenders of ecological city idea (Green city, Eco-polis) have focused on environmental protection aspects and human existence in harmony with nature, while maintaining idea of public transport use, pedestrian accessibility and unauthorized transportation use. The main activities are focused on fight against carbon emissions, reduction in consumption of non-renewable resources, as well as increase of green areas.

**New Urbanism.** Named direction designed to revive idea of a traditional city with pedestrian priority movement. It originated in the United States as an alternative estate development expansion area in large cities suburbs. In contrast to the compact city concept, significant attention of New Urbanism assigned to planning structure, architecture and open spaces. Architectural and planning structure of the settlement dates back to historical examples of European architecture, with different person scale. Design guiding principle consists of optimal radius walking distance to the attraction objects – “Daily necessities of life are available in five-minute walk away”. Walking area determines the amount of planning formations. Following ten basic principles of New Urbanism are well known: pedestrian accessibility; mixed land use; inter-connection streets network; diversified buildings; high quality of architecture; traditional structure of the neighborhood; high density; availability of ecological transport; sustainable development and life quality. Considered concept provided basis for a number of rating systems assessments of residential formations like LEED-ND and Smart-Code system design, which provides practical guidance on evaluation and design of architectural and planning structure of the city [18, 19].

**Smart city.** A city in which IT technologies are widely used (video surveillance systems, specially installed sensors, data from mobile operators, etc.) to ensure comfortable living conditions for citizens and optimize the management of urban infrastructure. In recent times, the requirements for the safety of buildings and the people in them, the optimization of the work of the engineering equipment of buildings, and the quality and reliability of the engineering and technical infrastructure of cities have increased significantly.

The creation of “smart cities” requires large financial costs, as well as “smart management” and “smart residents”. Smart management consists in monitoring the operation of city services, the state of infrastructure, and optimizing the use of resources. Intelligent software allows real-time analysis of relevant information and prediction of possible problems. One of the main functions of the city authorities is to ensure the investment

attractiveness of the city, guaranteeing equal and transparent rules for doing business, and business projects implementing. The active introduction of smart technologies requires a sufficiently educated population as known as "Smart residents". Innovative technologies require adequate perception. In the modern world, a situation has developed where technologies do not appear in response to people's needs, but people adapt to technologies that are conquering the world.

A potential consumer of smart technologies needs to be explained what will be his benefit from their implementation. The authorities need to educate entrepreneurs, who need to be explained what and how they can invest in the infrastructure of smart cities, as well as consumers – why they, having paid more for smart and more expensive solutions at first, and then, they will pay less. It should be noted that technology is not an end in itself, but tools to improve the quality of life of citizens [1].

**Decentralized concentration.** An alternative to compact city development is a discrete or intermittent development which manifested itself in the satellite towns construction of large cities and embodied in theory of decentralization, extended by E. Saarinen. Intermittent development of the city connected with the development of vehicles, which led to transformation of public service system and emergence of a polycentric urban structure [2, 15].

## B. Urban design principles

Comparative analysis of the discussed city development forms shows the common principles, on which they are built. From all variety of principles, were chosen four most general, suitable principles for use by formation and reconstruction of architectural and planning structure of cities (compactness, integration, diversity, decentralization). We could add originality (identity) as the fifth principle, which should take into account as unique urban conditions and cities characteristics, and it should be used in designing architectural and planning structure [2, 4].

**Compactness.** Compact planning structure contributes to effective land use, rational traffic organization and uniformly distance of the city center from peripheral areas. Spatial compactness of building and public spaces promotes effective use of the built-up territory, as well as public open spaces, requiring a high level of landscaping.

**Integration.** In the modern urban planning, integration requirement is opposed to mono-functional use of areas and buildings. This principal cause to combination of various functional areas, their interpenetration contributes to the diversity of urban environment, approximation of labor application places to residence places, reduce public

transport mobility. Integration planning structure is also reflected in street network connectivity, providing convenient access to city for all modes of transport, including non-motorized - bicycle.

**Diversity** planning and building of the city is a necessary condition for its development sustainability and opposed to monotony, which appears in distributing simplified street network planning decisions, mono-functional use of territory, limited types of public spaces and buildings. The problem of building characterized by monotony, first of all, holds the largest land area in the city for residential areas.

**Decentralization.** In urban planning theory, planning structure of small towns refers to monocentric type. At the same time, development of cultural and consumer services system and requirements of approximation of its objects to residence places, suggest establishment of local service centers necessity at the level of neighborhoods group. In addition, such centers are typical for Islamic cities, including Iranian cities that traditionally have polycentric plan.

**Originality (identity).** Accounting cultural characteristics of region, attention to local traditions in architecture and urban planning is the latest addition principle to sustainable development. Image of the city, its recognition plan, public spaces and architecture, connection of all elements with cultural traditions of local population are components of sustainable urban development. Originality is the fifth principle, which should take account of unique urban conditions and cities especially, socio culturally especially conditioned at the level of city plan; open public spaces and buildings. It should be used as one of the key factors in design process of architectural and planning structure. Key aspects of city identity are presence of architectural monuments; history and culture; traditional and specific planning decisions; open public spaces and specific building methods [20, 21]. Uniqueness of small city formed inimitable spiritual atmosphere – "genius place" which depends on local architecture and landscape [22]. Originality provides preservation and development of socio-cultural characteristics of Iranian small cities.

## Analysis and results

Sustainable development of architecture and planning structure (SDAPS) which suitable for Iranian cities condition will obtain from influencing sustainability principles, their appropriate consideration on architecture and planning structure (APS), and specific overview and consideration of Iranian cities situation.

The planning structure of the city consists of a frame (linear elements – streets, rivers, etc.) and nodes (public centers located at the intersection

of planning axes - squares), as well as filling the frame - zones. We could allocate the natural components of the planning structure of the city too (rivers, forests, water surfaces and anthropogenic – created by humans). In the theory of urban planning, the patterns of planning development and settlements development are revealed, and criteria for the effectiveness of design solutions have been established. However, these criteria need to be clarified for the sustainable development concept.

In order to use the nominated principles (*compactness, integration, diversity, decentralization and originality*) for analysis of the architectural and planning structure of the city, offered their consideration at the following levels:

- Urban structure (street network, green corridors, functional zones);
- Open space (urban, recreational and undeveloped public spaces);
- Buildings.

Sustainable development concept of architectural and planning structure, involves multiple consideration from influencing of formation of architecture and planning structure (APS) principles and APS elements (urban structure, open space and buildings). In this way, isolated principles applied to specific elements of city. This separation allows us to put forward criteria for evaluation of architectural and planning structure. The proposed principles perfection of the APS and consideration concept are different from existing developments works, and it's adapted to conditions of Iran (Pic. 1).

### Conclusions

This research reveals main latest five sustainable urban forms (*compact, eco-city, new urbanism,*

*smart city and decentralized concentration*) and their interpretations in modern urban development theories. As a result of Iranian small towns study, author established features of their architecture and planning structure and identified necessity factors for a common approach to its development in accordance with the sustainable development principles. Study sources allowed determining five common principles of sustainable urban development. These principles are: *compactness, integration, diversity, decentralization and originality*. However, these principles practically cannot be used to designers. It is not always clear to which of the elements of planning and building structure of the city are intended. For this occasion, author suggested consideration of this principles (compactness, integration, decentralization, diversity, originality) at the following levels: *macro level (urban structure), meso level (open space), and micro level (buildings)* that are specified for use in design practice in accordance with sustainable development guidance.

In this way, general principles of sustainable development of the city are concretized for each component of the architectural and planning structure and it is possible identify indicators to evaluate them.

Novelty of this concept for Iran conditions consists in studied the open public space of the city, which is not considered as part of general plans and detailed planning projects. The proposed concept based on design principles of sustainable architectural and planning structure of small towns (compactness, decentralization, diversity, integration, originality). Each of these principles separately known in theory but they advocate a new scientific result within the advanced concepts framework, allowing more specific requirements for the architectural and planning structure of the city.

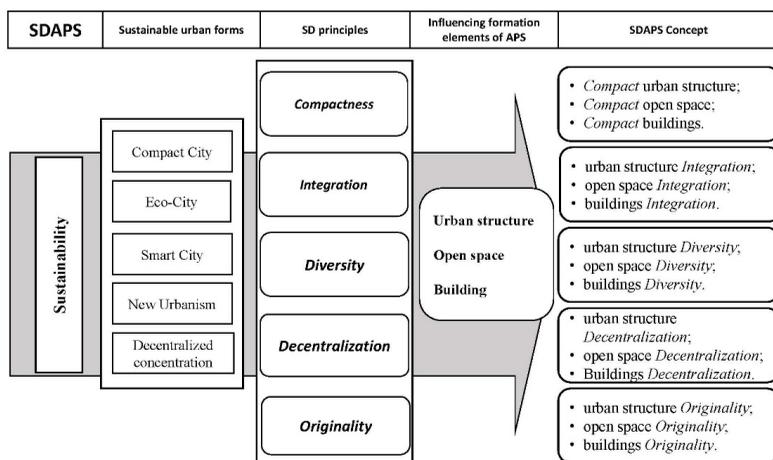


Fig. 1. Systematic process for obtain Sustainable Development of Architecture and Planning Structure (SDAPS) concept Terms symbol: SDAPS – Sustainable development of architecture and planning structure; SD – sustainable development; APS – architecture and planning structure

## Implications for practice and advancement of research

The results of the research could be used in design organizations under development of general and detailed plans; in practical activity authorities' administrations in the preparation of design assignments, programs and plans of formation and development of small towns; in educational process – in architecture course and degree designing preparation in the universities.

Proposed evaluation system of the architectural and planning structure of a small town allows to evaluate efficiency of its city-planning organization, and to determine the direction of its improvement in accordance with sustainable development concept.

The universality and simplicity of use of the developed recommendations allows to accelerate and simplify process of evaluating the architectural and planning structure of small towns, which promotes reasonable decision-making for their transformation during the development of urban planning documents.

## REFERENCES

1. Potaev G.A. *Tradicii i innovacii v sovremennom gradostroitel'stve* [Traditions and innovations in modern urban planning]. Minsk, Belarusian National Technical University, 2022.
2. Kashiripoor M.M. *Sovershenstvovanie arhitekturno-planirovochnoj struktury malyh gorodov regiona Blizhnego Vostoka na osnove koncepcii ustojchivogo razvitija* [Improving the architectural and planning structure of small towns in the Middle East region based on the concept of sustainable development. Cand. Diss.]. Minsk, 2017. DOI:10.13140/RG.2.2.18643.73761
3. Shirley P., Moughtin J.C. *Urban design: Green Dimensions*. Oxon: Routledge, 2005.
4. Kashiripoor M.M. Ways to improve the regulatory framework of urban planning in Iran and its compliance with the concept of sustainable development. *Nauka i tehnika* [Science and Technology], 2017, vol. 16, no. 6, pp. 498–505. (in Russian) DOI:10.21122/2227-1031-2017-16-6-498-505
5. Kashiripoor M.M. Urban planning legislation in Iran: historical events and implementation of projects. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering], 2023, vol. 25, no. 2, pp. 91–102. (in Russian) DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-91-102
6. Holden E. *Achieving Sustainable Mobility – Everyday and Leisure-time Travel in the EU*. Norway: Western Norway Research Institute, 2007.
7. Kashiripoor M.M. Some features of the formation of the architectural and planning structure of small towns in Iran. *Arhitektura: sb. nauch. Trudov* [Architecture: Scientific works], 2017, no. 10, pp. 83–89. (in Russian)
8. Zahedian E., Moosavi M.S. A Morphological Approach to Characterization of Urban Space in Historical Structure of Cities in Iran. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. 2013. 3 (10). P. 59–66.
9. Kashiripoor M.M. *Analiz praktiki gradostroitel'nogo proektirovaniya v Irane i ee sootvetstvie principam ustojchivogo razvitija / Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu, jekonomike: materialy XV Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Analysis of the practice of urban planning in Iran and its compliance with the principles of sustainable development/Science - education, production, economics: materials XV the International Scientific and Technical Conference]. Minsk, BNTU, 2017, vol. 2, pp. 417–418. (In Russian).
10. Kashiripoor M.M. Features of the development of urban planning projects for small towns in Iran. *Arhitektura* [Architecture], 2014, no. 7, pp. 116–122. (in Russian)
11. Statistical Center of Iran. Department population characteristics of the country. Tehran: Statistical Center of Iran. 2014. 329 p.
12. Vice-chancellor for development Planning office development. Review of urban planning patterns in Iran. Tehran: Ministry of Interior of the Republic of Iran. 1990. 59 p.
13. Kashiripoor M.M. Application of the concept of sustainable development in the city structure. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering], 2023, vol. 25, no. 1, pp. 35–49. (in Russian) DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-1-35-49
14. Jabareen Y.R. Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models and Concepts. *Journal of Planning Education and Research*. 2006. 26 (1). P. 38–52. DOI: 10.1177/0739456X05285119
15. Coplák J., Rakšányi P. *Planning Sustainable Settlements*. Bratislava: Slovak University of Technology, 2003.
16. Congress for the New Urbanism. Congress for the New Urbanism – New Urbanism Charter. San Francisco: Bulletin of Science, Technology & Society. 2000. 341 p.
17. Burgess R., Jenks M., Eds. *The Compact City Debate: A Global Perspective*. Compact cities. 2002. P. 21–36.
18. Wheeler S.M. Constructing sustainable development safeguarding our common future: Rethinking sustainable development. *Journal of the American Planning Association*. 2002. N. 68 (1). P. 110–128.
19. Norberg-Schulz Ch. *Genius loci: towards a phenomenology of architecture*. New York: Rizzoli, 1980.
20. Domhardt H.J., Gabi T.W. Germany's Shrinkage on a Small Town Scale. *The Future of Shrinking Cities – Problems, Patterns and Strategies of Urban Transformation in a Global Context*. 2009. P. 161–168.
21. Ewing R.H., Marzluff J.M., Shulenberg E., Endlicher W., and others. Characteristics, Causes, and Effects of Sprawl: A Literature Review. *Urban ecology*. 2008. P. 519–535. DOI: 10.1007/978-0-387-73412-5\_34
22. Marcotullio P.J. The Compact City, Environmental Transition Theory and Asia-Pacific Urban Sustainable Development. In *Proceedings of the International Workshop on New Approaches to Land Management for Sustainable Urban Regions*. 2001. P. 29–31.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Потаев Г.А.* Традиции и инновации в современном градостроительстве. Минск: Белорусский национальный технический университет, 2022.

2. *Каширипур М.М.* Совершенствование архитектурно-планировочной структуры малых городов региона Ближнего Востока на основе концепции устойчивого развития: дис. ... канд. архитектуры. Минск, 2017. DOI:10.13140/RG.2.2.18643.73761.

3. Shirley P., Moughtin J.C. Urban design: Green Dimensions. Oxon: Routledge. 2005.

4. *Каширипур М.М.* Пути совершенствования нормативно-правовой базы градостроительного проектирования в Иране и ее соответствие концепции устойчивого развития // Наука и техника. 2017. Т. 16, № 6. С. 498–505. DOI:10.21122/2227-1031-2017-16-6-498-505.

5. *Каширипур М.М.* Градостроительное законодательство в Иране: исторические события и реализация проектов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25, № 2. С. 91–102. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-91-102.

6. Holden E. Achieving Sustainable Mobility – Everyday and Leisure-time Travel in the EU. Norway: Western Norway Research Institute. 2007.

7. *Каширипур М.М.* Некоторые особенности формирования архитектурно-планировочной структуры малых городов Ирана // Архитектура: сб. науч. трудов. 2017. №. 10. С. 83–89.

8. Zahedian E., Moosavi M.S. A Morphological Approach to Characterization of Urban Space in Historical Structure of Cities in Iran. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. 2013. 3 (10). P. 59–66.

9. *Каширипур М.М.* Анализ практики градостроительного проектирования в Иране и ее соответствие принципам устойчивого развития / Наука – образованию, производству, экономике: материалы XV Международной научно-технической конференции. Минск: БНТУ, 2017. Т. 2. С. 417–418.

10. *Каширипур М.М.* Особенности разработки градостроительных проектов для малых городов Ирана // Архитектура. 2014. №. 7. С. 116–122.

11. Statistical Center of Iran. Department population characteristics of the country. Tehran: Statistical Center of Iran. 2014. 329 p.

12. Vice-chancellor for development Planning office development. Review of urban planning patterns in Iran. Tehran: Ministry of Interior of the Republic of Iran. 1990. 59 p.

13. *Каширипур М.М.* Применение концепции устойчивого развития в городской структуре // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25, № 1. С. 35–49. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-1-35-49.

14. Jabareen Y.R. Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models and Concepts. Journal of Planning Education and Research. 2006. 26 (1). P. 38–52. DOI: 10.1177/0739456X05285119.

15. Coplák J., Rakšányi P. Planning Sustainable Settlements. Bratislava: Slovak University of Technology. 2003.

16. Congress for the New Urbanism. Congress for the New Urbanism – New Urbanism Charter. San Francisco: Bulletin of Science, Technology & Society. 2000. 341 p.

17. Burgess R., Jenks M., Eds. The Compact City Debate: A Global Perspective. Compact cities. 2002. P. 21–36.

18. Wheeler S.M. Constructing sustainable development safeguarding our common future: Rethinking sustainable development. Journal of the American Planning Association. 2002. N. 68 (1). P. 110–128.

19. Norberg-Schulz Ch. Genius loci: towards a phenomenology of architecture. New York: Rizzoli. 1980.

20. Domhardt H.J., Gabi T.W. Germany's Shrinkage on a Small Town Scale. The Future of Shrinking Cities – Problems, Patterns and Strategies of Urban Transformation in a Global Context. 2009. P. 161–168.

21. Ewing R.H., Marzluff J.M., Shulenberg E., Endlicher W., and others. Characteristics, Causes, and Effects of Sprawl: A Literature Review. Urban ecology. 2008. P. 519–535. DOI: 10.1007/978-0-387-73412-5\_34.

22. Marcotullio P.J. The Compact City, Environmental Transition Theory and Asia-Pacific Urban Sustainable Development. In Proceedings of the International Workshop on New Approaches to Land Management for Sustainable Urban Regions. 2001. P. 29–31.

About author:

**KASHIRIPOOR Mohammad Mahdi**

Ph.D. in Architecture, Associate Professor, Postdoctoral researcher, Associate Professor of the Building Materials and Construction Technology Chair, Civil Engineering Faculty Belarusian National Technical University 220013, Belarus, Minsk, Y. Kolas str., 12  
E-mail: mkashiripour@gmail.com

**КАШИРИПУР Мохаммад Махди**

кандидат архитектуры, доцент, постдокторский исследователь, доцент кафедры строительных материалов и технологии строительства, строительный факультет Белорусский национальный технический университет 220013, Беларусь, г. Минск, ул. Я. Коласа, 12  
E-mail: mkashiripour@gmail.com

For citation: Kashiripour M.M. Creative solution concept for urban structure sustainability development (for example: architecture and planning structure of Iranian small cities). *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 193–202. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.26.

Для цитирования: *Каширипур М.М.* Креативные решения для устойчивого развития городской структуры (на примере архитектурно-планировочной структуры малых городов Ирана) // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 4. С. 193–202. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.26.