

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО
ИНФРАСТРУКТУРА
КОММУНИКАЦИИ**

Выпуск № 2(43) 2026

**ПО ВОПРОСАМ РАЗМЕЩЕНИЯ СТАТЬИ
ОБРАЩАТЬСЯ
В РЕДАКЦИЮ НАУЧНОГО ЖУРНАЛА**

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

394006 Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84;

тел.: +7(473)2-07-22-20;

e-mail: gik_vgasu@mail.ru.

Ознакомиться с *электронной версией журнала* можно на сайте:

[http:// journal-gik.wmsite.ru](http://journal-gik.wmsite.ru)



Ознакомиться с *полнотекстовой версией журнала* можно на сайте
Российской универсальной научной электронной библиотеки:

<http://www.elibrary.ru>



ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО ИНФРАСТРУКТУРА КОММУНИКАЦИИ

Выпуск № 2(43)

Июнь, 2026

- ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ
- ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ
- АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
- ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ
- ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ
- ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
- ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
- ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ
- СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
- ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (В СТРОИТЕЛЬСТВЕ)

Воронеж



Издается с 2015 года

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО ИНФРАСТРУКТУРА КОММУНИКАЦИИ

Научный журнал

Выходит 1 раз в квартал

Учредитель и издатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет». Территория распространения - Российская Федерация.

Статьи рецензируются, проверяются в программе «Антиплагиат» и регистрируются в **Российском индексе научного цитирования**. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: **Колосов А. И.**, канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет

**Заместители
главного редактора:** **Скляров К. А.**, канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет
Тульская С. Г., канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет

Бондарев Б.А., д-р техн. наук, проф., Липецкий государственный технический университет

Енин А.Е., канд. архитектуры, доц., Воронежский государственный технический университет

Осипова Н.Н., д-р техн. наук, доц., Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.

Зубков А.Ф., д-р техн. наук, проф., Тамбовский государственный технический университет

Калгин Ю.И., д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный технический университет

Капустин П.В., канд. архитектуры, доц., Воронежский государственный технический университет

Козлов В.А., д-р физ.-мат. наук, доц., Воронежский государственный технический университет

Куцыгина О.А., д-р техн. наук, доц., Воронежский государственный технический университет

Кушев Л.А., д-р техн. наук, проф., Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Леденев В.И., д-р техн. наук, проф., Тамбовский государственный технический университет

Лобода А.В., д-р физ.-мат. наук, доц., Воронежский государственный технический университет

Подольский Вл.П., д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный технический университет

Самодурова Т.В., д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный технический университет

Чесноков Г.А., канд. архитектуры, доц., Воронежский государственный технический университет

Редактор: *Петрикеева Н. А.* Отв. секретарь: *Аралов Е. С.* Дизайн обложки: *Чуйкина А. А.*

Дата выхода в свет 30.06.2026. Усл. печ. л. 8,84. Формат 60×84/8. Тираж 25 экз. Заказ № 81.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-68664
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Цена свободная

Адрес учредителя и издателя: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

Адрес редакции: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84;

тел.: +7(473)271-53-21; e-mail: gik_vgasu@mail.ru

ОПЕЧАТАНО: отдел оперативной полиграфии издательства ВГТУ

394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	6
<i>Шнурникова Е. П., Волкова А. А.</i> Анализ фасадов угловых зданий в условиях квартальной застройки исторического поселения города Краснодара	6
<i>Наследскова Е. Л.</i> Саадият: архипелаг диалога в эпоху его невозможности	15
<i>Шнурникова Е. П., Волкова Ю. А.</i> Особенности проектирования исторической застройки города Краснодара с учетом факторов окружающей среды	26
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	34
<i>Бердник А. А., Шнурникова Е. П.</i> Особенности монументальной скульптуры и малых архитектурных форм города Краснодара	34
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	41
<i>Мерциев А. А., Лобанов Д. В., Черский Д. И.</i> Анализ дефектов отопительного прибора в процессе эксплуатации системы отопления	41
<i>Паньшева А. А., Максименков А. М., Серикова У. Г., Петрикеева Н. А.</i> Сравнительный анализ работы отечественного и зарубежного оборудования в теплоэнергетических системах	46
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	55
<i>Анциферов С. А., Чиркова Е. В., Седыкин А. В.</i> Влияние абразивных частиц на эксплуатационные качества центробежного насоса	55
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА	61
<i>Хабарова И. А., Хабаров Д. А.</i> Тенденции развития экологических стартапов: отечественный опыт	61
СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ	66
<i>Каталандзе Р. З., Матушкин В. П., Скляр К. А., Серикова И. А.</i> Обеспечение точности измерений при транспортировке углеводородов	66
<i>Петрикеев А. Д., Сериков Г. С.</i> Внедрение автоматизированных систем поверки датчиков давления в трубопроводном транспорте	71
ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ	75

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

УДК 728.03

АНАЛИЗ ФАСАДОВ УГЛОВЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ КВАРТАЛЬНОЙ ЗАСТРОЙКИ ИСТОРИЧЕСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ ГОРОДА КРАСНОДАРА

Е. П. Шнурникова, А. А. Волкова

Кубанский государственный технологический университет

*Е. П. Шнурникова, ст. преподаватель кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий
им. А. В. Титова*

Россия, г. Краснодар, тел.: +7(900)244-16-68, e-mail: shnurnikova@mail.ru

А. А. Волкова, студент факультета архитектуры, строительства и автомобильных дорог

Россия, г. Краснодар, тел.: +7(900)270-62-19, gmail: nastyavolk@gmail.com

Постановка задачи. В данной статье рассмотрены архитектурные решения, композиционные приемы, элементы декора, которые использовались в исторической квартальной застройке Краснодара. Особое внимание уделено анализу фасадов угловых зданий, их стилистическим особенностям и влиянию на общий облик города.

Результаты. Проанализированы угловые здания в четырех различных архитектурных направлениях: эклектика, модерн, конструктивизм, сталинский ампир. Были выделены характерные особенности каждого стиля.

Вывод. Во всех рассмотренных стилях угловые здания играли роль композиционных центров: в эклектике и модерне они выступали в качестве декоративных доминант, в конструктивизме – как функциональные акценты, а в сталинском ампире – как символы эпохи.

Ключевые слова: фасад, угловые здания, Краснодар, архитектурные стили, историческое поселение, застройка.

Введение. Краснодар, обладающий значительным историческим прошлым и широким спектром архитектурных направлений, представляет собой значимый объект для изучения с точки зрения сохранения культурной идентичности и интеграции исторического наследия в актуальные нормы градостроительства. Внешний вид зданий, а именно фасад, выступает центральным компонентом, определяющим зрительное восприятие городского пространства, и играет существенную роль в создании целостного архитектурного облика.

Архитектура Краснодара характеризуется многообразием стилей, включая классицизм, модерн, эклектику, конструктивизм и другие. Анализ этих образцов позволяет выделить основные компоненты, применимые для разработки уникальных и цельных архитектурных решений, отвечающих современным требованиям и способствующих сохранению исторической атмосферы города [1].

Угловые фасады представляют собой архитектурные элементы, обладающие угловыми деталями. Данные фасады сочетают в себе конструктивные решения и декоративные элементы, подчеркивающие их особое положение в структуре городской застройки.

Основная идея угловых фасадов состоит в том, что они служат архитектурными доминантами, способными радикально преобразить восприятие здания. Они создают игру светотени, формируют ритмичность фасада, акцентируют конструктивные особенности и придают объем плоским поверхностям.

1. Исторический анализ застройки города Краснодара. Краснодар (ранее известный как Екатеринодар) был основан в 1793 году по указу императрицы Екатерины Великой. Это поселение было создано как фортификационное сооружение, выполнявшее функции стратегического опорного пункта на южных рубежах Российской империи. Основателями города выступили черноморские казаки, стремившиеся создать укрепленное поселение, способное обеспечить защиту региона от внешних угроз и способствовать его освоению [2, 3].

В основе планировки раннего Екатеринодара лежали принципы регулярной сетчатой планировки. Территория была разделена по принципу «гипподамовой» решётки – ритмично расположенных улиц, образующих квадратные в плане кварталы размером 120×120 м. Генеральным планом 1819 года (рис. 1) предполагалось, что композиционное ядро города будет сформировано созданием центральной и четырёх равноудалённых от неё второстепенных площадей, расположенных по углам квадрата, стороны которого составляли по пять кварталов, но первоначальный план был воплощён лишь частично [4].



Рис. 1. Генеральный план Екатеринодара 1819 года

Первоначальные градостроительные планы Екатеринодара учитывали его роль как военного и казачьего поселения. С течением времени город превратился в универсальный центр, где крепостные элементы переплетались с функциями административной столицы. Планировка города, отличающаяся строгой геометрией улиц и площадей, была спроектирована с оглядкой на военные нужды и казачьи обычаи. Казачьи станицы оказали значительное воздействие на формирование городского ландшафта, их архитектурные особенности и образ жизни органично вплелись в общую структуру города [2, 3].

Некоторые принципы формирования квартальной застройки в Екатеринодаре:

- улицы пересекались под прямым углом и были ориентированы почти точно с юга на север и с запада на восток;
- кварталы имели форму квадрата и были равными по размерам;
- здания делали малоэтажными, не выше крон деревьев, поскольку это помогало предотвратить перегревы фасадов и помещений;

- планировка исключала существование единого центра, но подразумевала главную осевую улицу;
- главные фасады основной массы зданий располагались по красным линиям улиц, формируя фронты квартальной застройки;
- степень застройки составляющих квартал владельцев участков была различной: от плотной периметральной (главным образом на центральных улицах) до разреженной усадебной [4].

Современный исторический центр города Краснодара сохраняет свой первоначальный план, характерный для Екатеринодара – это сетка улиц, расположенных под прямым углом друг к другу. Здесь можно увидеть множество старых зданий, ресторанов и кафе, а также многочисленные памятники архитектуры и истории [5].

В градостроительстве угловые здания играли ключевую роль в организации городских пространств. Они служили завершением кварталов и, будучи видимыми со всех сторон, способствовали:

- Формированию архитектурной композиции: фасады таких зданий, выходящие на угол, могли быть акцентированы, а наличие двух лестниц (по одной на каждое крыло) подчеркивало их значимость и функциональность.
- Эстетическому оформлению перекрестков: многогранные угловые дома, дополненные, например, цилиндрическими пристройками, становились выразительными архитектурными элементами, украшающими городские пересечения.

2. Основные архитектурные стили XIX - середины XX века. Основные стили, которые использовались в исторической застройке города:

- Эkleктика (конец XIX - начало XX века) – направление, подход, заключавшийся в свободном комбинировании элементов из разных исторических стилей. Екатеринодар, превратившийся в процветающий купеческий город, отразил это в своих постройках, где переплетались классицизм, барокко и ренессанс.
- Модерн (начала XX века) – новаторский архитектурный стиль, зародившийся в Европе и быстро распространившийся по всему миру. Для него характерны плавные линии, растительные орнаменты и использование новых материалов, таких как керамическая плитка и металл. В Екатеринодаре, в большинстве случаев, веяниям модерна подчинялся исключительно фасад, а пространственно-планировочная композиция здания оставалась такой же, как в сооружениях периода эkleктики.
- Конструктивизм (1920–1930-е годы) – архитектурное направление, которое акцентировало внимание на функциональности и рациональности форм. В Краснодаре здания этого периода демонстрировали прогрессивные идеи и концепции.
- Сталинский ампи́р (середина 1940-х - начало 1950-х годов) – архитектурный стиль, который характеризовался монументальностью и торжественностью форм. Это архитектурное направление тесно связано с периодом восстановления города после разрушительной войны.

Рассмотрим вышеобозначенные стили [6, 7].

Эkleктика. Краснодарская эkleктика – это время, когда архитектурные формы стали более свободными, а декор играл ведущую роль, часто затмевая практическую сторону здания. В этот период архитекторы смело комбинировали элементы различных стилей, таких как классицизм, модерн, барокко и неорусский стиль, создавая уникальные образы. Примерами зданий, выполненных в данном стиле, могут послужить дом купцов Эргановых и дом генерала Назарова (рис.2).

Одной из уникальных особенностей эkleктики стало использование ризалитов (рис. 3) – выступающих частей, которые придают даже самым простым и длинным постройкам динамичность.



а)



б)

Рис. 2. Примеры эклектики: а – дом купцов Эргановых; б – дом генерала Назарова

С одной стороны, они несильно выступают за красную линию, с другой – придают зданию, особенно длинному и малоэтажному, немонотонный вид. Самыми многочисленными являются здания с двумя ризалитами по бокам, в одном из которых находится вход и парадное крыльцо. Карнизы, пояски, сандрики, пилястры и другие орнаментальные детали служили для создания визуального ритма и разбиения плоскостей. Красный кирпич, благодаря доступности и эстетичности, стал настоящим спасением для южного климата. Его производили в изобилии на местных заводах, он прекрасно смотрелся без дополнительной отделки и обладал ценным свойством сохранять прохладу летом и тепло зимой.

Ключевым приёмом была фигурная кирпичная кладка: кирпичи выкладывали с выступами и углублениями, чередовались тычковые и ложковые ряды кладки, добиваясь «полосатого» или шахматного эффекта. Нередко комбинировали разные техники перевязки, в том числе фламандскую, чтобы сформировать ритмические узоры [8].

На углах и фасадах часто размещали пилястры и лопатки – вертикальные выступающие элементы, имитирующие колонны. Их нередко выделяли контрастной расшивкой швов, усиливая пластику поверхности. Горизонтальные членения создавали карнизы и пояски из кирпича, разделявшие этажи. Навесные карнизы нередко оформляли зубцами, сухариками или ступенчатыми профилями, придавая фасаду нарядность (рис.4).

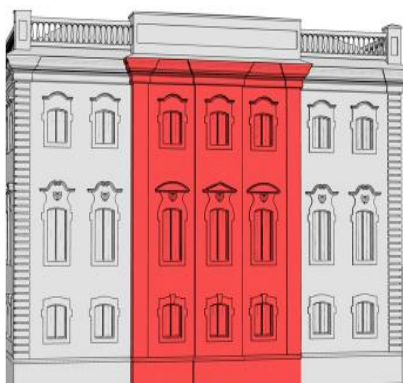
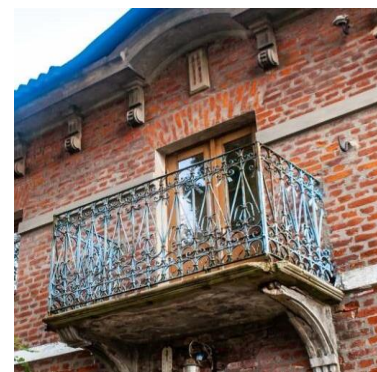


Рис. 3. Ризалит



Рис. 4. Декоративные элементы



Арки и арочные ниши подчёркивали проёмы: над окнами и входами выкладывали полуциркулярные и стрельчатые формы. Угловые арочные обрамления особенно выделяли

пластику фасада. Угловые башенки с шатровыми или купольными завершениями придавали зданиям объём и индивидуальность. Кованые элементы дополняли кирпичную основу: надкрылечные зонты и козырьки с ажурным узором, а также балконы с коваными ограждениями, закреплённые на кирпичных консолях, вносили тонкую игру света и тени [8].

Модерн. В период модерна происходило стремительное, кардинальное переосмысление старых и открытие новых художественных форм и приёмов, сближение и слияние различных видов и жанров искусства. Художники модерна в стремлении к «большому синтезу» и «большому стилю» дерзко ломали привычные нормы и границы [9, 10].

В эпоху модерна (1880-1914 гг.) в архитектуре Екатеринодара сформировался узнаваемый облик исторических зданий, особенно угловых, где ярко проявились ключевые черты стиля: отказ от строгой симметрии, плавные изогнутые линии, природные мотивы и пастельные оттенки.

Одним из ведущих архитекторов модерна в Екатеринодаре был Александр Козлов, ученик Фёдора Шехтеля, который реализовал многие знаковые проекты. Характерной особенностью современных угловых зданий стало расположение входа именно на углу, что придавало фасаду динамичность и нестандартность.

Примером служит гостиница «Централь» (рис. 5) на углу улиц Красной и Гимназической (ул. Красная, 58), перестроенная Козловым в 1910 году. Архитектор надстроил третий этаж и обогатил фасад декором: карнизами, балконами и барельефами, создав эффект «подвижности» формы. Здание украшено зелёной керамической глазурованной плиткой, лепниной и башней, в декоре прослеживаются греческие и романские мотивы. Угловой эркер, купол «со шлемом» и каменная ограда добавляют архитектурной выразительности.

Здание Театра Защитника Отечества (рис. 6) было построено по проекту архитектора Михаила Рыбкина. В 1913 году оно стало центром культурной жизни Екатеринодара: здесь проходили балы, концерты (в том числе выступление Сергея Рахманинова), а также располагались игорные комнаты и бильярдная. После революции здание пережило несколько трансформаций, включая использование как гарнизонного Дома офицеров, прежде чем в 2016 году здесь был создан Театр Защитника Отечества [10, 11].



Рис. 5. Гостиница «Централь»



Рис. 6. Театр Защитника Отечества

Фасад Театра Защитника Отечества в Краснодаре воплощает стиль модерн через асимметричную композицию и плавные, текучие линии. Угловые решения избегают жёстких геометрических форм, создавая органичный, динамичный силуэт. Рельефная лепнина с растительными мотивами придаёт фасаду пластичность и ритмичность. Нависающий карниз с волнообразным профилем усиливает ощущение движения.

Оконные проёмы имеют смягчённые очертания и украшены стилизованными природными орнаментами. Сдержанная цветовая гамма гармонирует с общей эстетикой стиля. Контрастные сочетания материалов подчёркивают фактурность поверхностей. Все детали – от мелкой лепнины до крупных композиционных акцентов – тщательно проработаны и подчинены идее целостного, «живого» образа, характерного для модерна [12].

Конструктивизм. В первые десятилетия советской власти фасады зданий часто оформлялись в стиле конструктивизма, который предполагал простоту и лаконичность форм. Примерами зданий, выполненных в этом стиле, могут послужить проекты архитектора Михаила Ишунина, коммунальный дом, домик с часами и дом Акритаса (рис. 7).



Рис. 7. Здания эпохи конструктивизма: а – Дом Акритаса; б – Домик с часами; в – Коммунальный дом

Главным в конструктивизме стала игра с контрастами объёмов, материалов и чистых форм. Архитекторы использовали столбы-опоры, чтобы освободить площадь первого этажа для садов или парковок, и создавали плоские крыши, которые можно было бы использовать как террасы-солярии.

Любимыми выразительными элементами конструктивистов стали окна: ленточные горизонтальные, проходящие через весь фасад, или круглые, которые делали здания похожими на корабли. Ведущие материалы стиля – бетон, стекло, металл. Для построек характерна приглушённая цветовая гамма: светло-серый, грифельный, белый, бежевый, тёмно-красный, красно-коричневый.

Изначально построенный в 1896 году в эклектичном стиле дом Акритаса (рис. 7а) претерпел значительные изменения после пожара. В 1920-х годах архитектор Михаил Ишунин восстановил здание, придав ему черты конструктивизма. Одной из главных особенностей стала его Г-образная форма с характерным скошенным углом, который соединял северный и западный фасады. Это дизайнерское решение подчёркивало динамичность и логичную связь между различными частями здания. На втором этаже угловой части был создан просторный двухсветный зал, что было характерно для общественных зданий того времени. Фасады сочетали в себе минимализм конструктивизма с практичными материалами, такими как кирпичная кладка и штукатурка [13].

«Домик с часами» расположен на ул. Красная, 25 / Мира, 40. Этот дом, построенный в 1932 году по проекту Михаила Ишунина, получил свое название благодаря угловой башне с часами, которая была добавлена уже после войны. Часовой механизм был установлен в 1948 году мастером Луневым, а в 1965 году часовщик Василий Дудников провел его ремонт. Изначально здание планировалось как жилой дом с магазинами на первом этаже, что соответствовало принципам функциональности. Архитектурный акцент на башне с часами символизировал стремление к современности, а ее силуэт, напоминающий Биг-Бен, подчёркивал прогрессивный дух эпохи (рис. 7б).

Возведенный в 1927 году по проекту Михаила Ишунина, коммунальный дом на 60 квартир (рис. 7в) расположен на углу улиц, что является типичным для конструктивистской архитектуры, стремящейся к максимальной визуальной выразительности. Конструктивной инновацией стало использование железных труб, залитых бетоном, вместо традиционных внутренних капитальных стен. Это позволило ускорить процесс строительства и сократить расходы. Планировка дома отражала идеи коллективизма: первый этаж был отведен под торговые площади, а три верхних этажа – под квартиры, с общими террасами и кухнями. Угловое расположение здания повышало его функциональность, обеспечивая удобный доступ и хороший обзор [13, 14].

Михаил Ишунин, ключевая фигура краснодарского конструктивизма, последовательно внедрял эти приёмы. Его проекты решали острую жилищную проблему 1920-1930-х годов, сочетая экономичность строительства с новаторскими архитектурными идеями. Например, в коммунальном доме на 60 квартир свободная планировка и отдельные ваннные комнаты контрастировали с традиционными дореволюционными решениями, а угловая композиция напоминала силуэты московских высоток [14, 15].

Сталинский ампир. Сталинский ампир, господствовавший в советской архитектуре с середины 1930-х до середины 1950-х годов, представлял собой монументальный стиль, вобравший в себя черты ренессанса, барокко, наполеоновского ампира, позднего классицизма. Его отличительными признаками стали ансамблевая застройка, когда здания формировали целостные композиции, синтез архитектуры, скульптуры и живописи с активным использованием барельефов, лепнины и античных мотивов, визуальное выделение первого этажа посредством облицовки специальным камнем, сдержанная цветовая гамма в бежево-серых и красновато-кирпичных тонах, применение дорогих материалов – мрамора, камня, бронзы и керамической плитки.

После Великой Отечественной войны здание Краснодарской филармонии (рис. 8) (ранее Зимний театр) было разрушено до фундамента и воссоздано в 1954 году. В послевоенной реконструкции проявились черты сталинского ампира. С точки зрения этого стиля восстановленный облик здания демонстрирует ряд характерных признаков. Прежде всего, фасады выстроены по принципам осевой симметрии с чётким ритмом вертикальных и горизонтальных членений. В оформлении использованы колонны и пилястры, арочные проёмы и фронтоны – элементы, отсылающие к античной традиции и являющиеся одним из ключевых маркеров сталинского ампира. Несмотря на относительно небольшие габариты, здание производит впечатление основательности и представительности за счёт крупных форм, ясных силуэтов и лаконичной пластики фасадов. Фасады выполнены в светлых тонах, что усиливает ощущение парадности и чистоты линий [14, 16, 17].

Другим значимым образцом позднесталинской архитектуры стал ЦУМ (рис. 9), построенный в 1955 году как главный торговый объект краевого центра.



Рис. 8. Краснодарская филармония



Рис. 9. ЦУМ

Вместе с универмагом «Краснодар» он делил статус ведущего универмага города и органично вписался в ансамбль исторической застройки. Угловая композиция здания построена на чётком ритме окон и вертикальных членениях, формирующих представительный облик. Изначально проект предусматривал установку шпиля, что отражает типичную для сталинского ампира тягу к высотным акцентам и силуэтной выразительности, однако в итоговом варианте этот элемент отсутствует. Внутреннее пространство соответствует принципу монументальности и функциональности. Строгие карнизы, наличники и межэтажные пояса – задают торжественный тон и связывают здание с традициями античности и ренессанса. Симметрия композиции подчеркнута расположением главного входа по центральной оси угла, что усиливает парадность восприятия. В отделке использована качественная штукатурка; вероятно, для выделения цокольной части и декоративных элементов применялись камень или керамическая плитка [18, 19].

Оба здания наглядно демонстрируют ключевые приёмы сталинского ампира в угловой композиции: акцентирование угла как композиционного центра, использование лепного декора, вертикальное членение фасадов для усиления монументальности, ансамблевый подход к размещению в городской среде и сочетание внешнего вида с функциональностью. При этом каждое сооружение обладает индивидуальными чертами. Вместе они составляют значимую часть архитектурного наследия Краснодара, воплощая эстетику и идеологию своей эпохи [20–22].

Выводы. Архитектурный облик угловых зданий в квартальной застройке Краснодара является отражением смены исторических стилей, начиная от эклектики и заканчивая модерном, конструктивизмом и сталинским ампиром. В период эклектики (конец XIX – начало XX веков) угловые элементы зданий выделялись посредством ризалитов, башенок и эркеров, что создавало акцент на перекрестках улиц как на значимых визуальных точках. Выразительность фасадов достигалась благодаря использованию фигурной кладки из кирпича, лепным украшениям и акцентированной расшивке швов, а асимметричность придавала зданиям динамичный вид.

Стиль модерн (на рубеже XIX и XX веков) усилил пластическую выразительность архитектуры: плавные линии, объёмы, словно «перетекающие» друг в друга, и интегрированные декоративные элементы, такие как майолика и кованые изделия, трансформировали углы зданий в уникальные архитектурные акценты. Просторные окна с оригинальными переплетами усиливали игру света и тени, внося оживление в монотонный уличный пейзаж.

Конструктивизм (1920-1930-е годы) предложил совершенно новое видение угловых решений: строгая геометрия, кубические формы и отсутствие декоративных элементов подчеркивали функциональность зданий. Выступающие элементы, такие как лоджии и козырьки, отражали внутреннюю планировку, а ленточное остекление формировало новый масштаб, контрастируя с дореволюционной архитектурой.

Сталинский ампир (1930-1950-е годы) вернулся к симметрии и монументальности: осевые композиции, портики и колонны формировали величественные ансамбли. Иерархичность выражалась в четком разделении здания на цокольный этаж, основные этажи и венчающий карниз, а лепной орнамент и барельефы несли идеологическую нагрузку, подчеркивая главные градостроительные направления.

Во всех этих стилях угловые здания играли роль композиционных центров: в эклектике и модерне они выступали в качестве декоративных доминант, в конструктивизме – как функциональные акценты, а в сталинском ампире – как символы эпохи.

При проектировании объектов капитального строительства в границах исторического поселения необходимо интегрировать их в сложившуюся застройку улицы, сомасштабно ее ширине и пропорциям. Всесторонне включить новые здания в историческую ткань застройки

поможет ритм проемов, цветовое решение и материалы фасадов. Такого рода градостроительные ограничения предусмотрены действующими требованиями предметов охраны исторических поселений Краснодарского края, а также генеральными планами и правилами землепользования и застройки.

Библиографический список

1. Баранова П.С. Методы совершенствования планировки застройки жилых комплексов в городе Краснодаре // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. №1 (38). С. 6–9.
2. Екатеринодар – Краснодар: Два века города в датах, событиях, воспоминаниях: Материалы к Летописи / Краснодар. гор. Дума. Краснодар: Кн. изд-во, 1993. 800 с.
3. Кизицкий М.И. Лики старого Краснодара: историко-архитектурные очерки / М.И. Кизицкий, Н.А. Козлова; под ред. В. В. Семенкова. Ч. 1. Краснодар: ИМСИТ, 2017. 196 с.
4. Соколова Е.А. Градостроительная топография исторического поселения города Краснодар XIX – XX веков // История и теория. 2020. №2. С.67–72.
5. Маркова О.Н. Опыт типологического анализа исторической застройки Краснодара // Наследие веков. 2018. №3. С. 33–39.
6. Шнурникова Е.П., Волохин В.Ю., Кондрашов А.В. Использование принципов органической архитектуры в исторической части города Краснодара // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 3(32). С. 6–10.
7. Городецкий И.Ю., Салфентиков Д.А. Исторические особенности архитектуры на Кубани // The scientific heritage. 2020. №1. С.24–30.
8. Куликов А. Архитекторы Краснодара: «ваятель бетона» Михаил Ишунин // Электронный журнал «Кубань24». 2018. №2. С. 46–52.
9. Русакова А.А. На повороте столетий // Искусство Ленинграда. 1991. №1. С.30–35.
10. Бардадым В.П. Архитектура Екатеринодара. Краснодар: Советская Кубань, 1997. 256 с.
11. Мальый З.А., Шнурникова Е.П. Необходимость реконструкции культурных и исторических зданий на примере театра «Защитника Отечества» // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2024. № 1. С. 78–81.
12. Сокольская О.Н., Иванченко В.Т., Клименко В.В. Основы теории градостроительства и планировки населённых мест Краснодарского края. Краснодар: Изд-во ФГБОУ ВО КубГТУ, 2022. 204 с.
13. Онищенко С.В., Шнурникова Е.П., Петриченко А.Ю. Методы решения проблем сохранения и развития исторических городов на примере Краснодарского края // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. № 1(34). С. 11–18.
14. Шахова Г.С. Особняки Екатеринодара. Краснодар: Традиция, 2012. 168 с.
15. Слышкин М.А. Кованый металл в архитектуре Юга России конца XIX – начала XX века (на примере Екатеринодара) // Academia. Архитектура и строительство. 2020. № 2. С. 112–119.
16. Федоренко Р.П. Судьба историко-архитектурного наследия Краснодара в XX веке: утраты и сохранение // Культурная жизнь Юга России. 2012. № 3 (46). С. 78–81.
17. Вертикальная планировка городских территорий [Электронный ресурс]. URL: <https://ufa-gis.narod.ru> (дата обращения: 08.03.2026).
18. Шнурникова Е.П., Волохин В.Ю., Кондрашов А.В. Использование принципов органической архитектуры в исторической части города Краснодара // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 3(32). С. 6–10.
19. Сокольская О.Н., Кайшева А.И. Влияние объёмно-планировочной структуры застройки на формирование теплового комфорта атмосферной среды города Краснодар // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2023. № 2(42). С. 37–46.
20. Реставрация памятников архитектуры / С.С. Подъяпольский, Г.Б. Бессонов, Л.А. Беляев, Т.М. Постникова, 2-е изд. Для студентов архитектурных факультетов и институтов. М.: Стройиздат, 2000. 288 с.
21. Бродягин В.А., Бичевой А.М. Традиции и новаторства при проектировании исторической части города с использованием принципов органической архитектуры (на примере г. Краснодар) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42897155> (дата обращения: 05.03.2026).
22. Колобина А.С. Современные градостроительные ансамбли как пространственные ориентиры в сложившейся жилой застройке // Архитектурные исследования. 2018. №2(14). 136 с.

Для цитирования: Шнурникова Е.П., Волкова А.А. Анализ фасадов угловых зданий в условиях квартальной застройки исторического поселения города Краснодара // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2026. №2 (43). С. 6–14.

УДК 711.1

СААДИЯТ: АРХИПЕЛАГ ДИАЛОГА В ЭПОХУ ЕГО НЕВОЗМОЖНОСТИ

Е. Л. Наследскова

*Московский архитектурный институт**Е. Л. Наследскова, студент кафедры дизайна архитектурной среды**Россия, г. Москва, тел.: +7(926)353-52-34, e-mail: janenbusi@gmail.com*

Постановка задачи. В начале XXI века в Абу-Даби приступили к строительству «Острова счастья». Необходимо проанализировать, сможет ли созданная в рамках государственной стратегии платформа, бросающая вызов не только Западу, но прежде всего внутренним противоречиям ислама, справиться с критикой и выстоять во время реализации проекта.

Результаты. Приведены описание и анализ возникших проблем, связанных с участком Культурного Квартала острова Саадият в целом, так и с отдельными зданиями. Проанализирована специфика отображения местной значимости каждого музея.

Выводы. Квартал успешно реализован, несмотря на значительные сдвиги в графике и возникавшие технические и общественносоциальные трудности. Феномен Саадията подчеркивает уникальную компетенцию ОАЭ, выгодно отличая их от соседей по региону. Однако необходимо дальнейшее исследование, как общественность воспринимает подобные инициативы; трудно оценить долгосрочное воздействие этих проектов на укрепление подлинного взаимного уважения и снижение предубеждений. Сформулированы дальнейшие рекомендации для уточнения результата исследования.

Ключевые слова: фонд Гуггенхайма, экспериментальная застройка, остров, мегапроект, ОАЭ, развитие.

Введение. Ближний Восток, обладающий большим культурным наследием, сегодня начинает ярко говорить о развитии человека на планете Земля и ближневосточной цивилизации после длительного монолога со стороны Запада. В связи с тем, что данный регион в массовом сознании часто ассоциируется с нестабильностью, где ключевыми проблемами являются терроризм, влияние Ирана, фрагментация арабского государства и изменение альянсов, страны предпринимают усилия по стабилизации [1].

ОАЭ планомерно утверждали себя как стабильное и стабилизирующее, суверенное, богатое государство с сильными институтами, ресурсами и безопасностью, позволяющими думать о долгосрочных проектах, культивируя современный, технократический образ гостеприимной среды для внешнего потребления и дружественный для бизнеса. У них есть репутация гуманитарного хаба, логистического и финансового центра, занимая стратегический морской коридор на стыке Персидского залива и Индийского океана в регионе, известном конфликтами и нестабильностью [1]. Итогом стремительного развития ОАЭ стало их признание в качестве одного из глобальных центров культуры.

ОАЭ положило в основу своей внешней политики целенаправленную и многогранную стратегию развертывания нишевой дипломатии [1]. Она позволяет реагировать на постоянно меняющиеся внешние обстоятельства и дает возможности для получения влияния, власти и престижа не через традиционные показатели власти военного масштаба, территориальной глубины или численности населения.

Механизм продвижения интересов ОАЭ строится по принципу выбора оптимального канала: либо через религиозную общину (паломничество, инфраструктура), если она есть и

близка по духу, либо через светские гуманитарные программы, которые не затрагивают чувствительных религиозных вопросов [2].

Страна сумела занять такие позиции благодаря месторождениям нефти [3, 4]. Однако, понимая, что долгосрочное использование прибыли от деятельности, которая портит окружающую среду и потенциально угрожает здоровью и благополучию людей и экосистемы, может способствовать формированию культуры апатии, правительство с 1971 года продвигало концепцию единой «эмиратской идентичности» под единым знаменем [3, 4]. Новорожденное государство Эмиратов переняло принципы племенной идентичности, в которой выражена «чистая арабская природа». Для горожан она представлена как синтез между наследием бедуинской кочевой культуры, чья выживаемость зависела от знаний, гостеприимства и адаптации к суровой среде, и глобальным взглядом современного центра. Это не только снизило потенциальные конфликты, но и стало основой для страны и важным источником силы. «Дискурс о национальной идентичности во многом касается баланса между традицией и модернизацией» – подтверждает Кортни Фривер, постдокторант проректора в Университете Эмори [3].

В течение трех стадий роста экономики ОАЭ – 1975-1984, 1985-1999, 2000-2014 – государство диверсифицировало свою экономику, отходя от рискованной зависимости от нефти и газа, став одной из немногих стран, успешно избежавших синдрома ресурсного проклятия [5]. Параллельно укреплялась лояльность местного населения, в том числе за счет инвестиций в различные экологические и социальные реформы [4]. Сегодня граждане ОАЭ чувствуют себя безопасно не только потому, что у них есть работа и доход, но и потому, что их самоопределение осталось стабильным. Племенная общность создала доверие к власти, а диверсификация – веру в будущее. Это подтверждает опрос 2026 года: согласно отчету «Индекса доверия к правительству» за 2026 года, ОАЭ набрали 80 баллов из 100, разделив первое место с Китаем [6].

1. Отличие проекта. В начале XXI века, на фоне растущей культурной поляризации мира, Абу-Даби приступил к реализации амбициозного эксперимента – строительству «Острова счастья» (Саадият). Этот проект, предусмотренный Генеральным планом Абу-Даби на 2030 год (разработан в 2006 году), включает семь функциональных зон и призван стать символом обновления города и ориентиром для будущего развития ОАЭ.

Важная составляющая Саадият – это его культурный район, который будет включать в себя музей современного искусства Гуггенхайм Абу-Даби, раскрывающий современную коллекцию; Лувр Абу-Даби, представляющий экспонаты на стыке восточной и западной культур; Музей естественной истории Абу-Даби, где освещается развитие экосистем именно на территории Аравийского полуострова; Национальный музей Зайда, прослеживающий историю Эмиратов, от самых ранних свидетельств человеческого заселения до цивилизаций, которые сформировали его культуру и самобытность, укорененные в ценностях Отца-основателя ОАЭ; Дом семьи Авраама, стремящийся быть моделью межконфессионального диалога; TeamLab Phenomena Абу-Даби, использующие свет, звук, воду и воздушные потоки для погружения зрителя в живую экосистему; Галерея фонда Бассам Фрейха, обеспечивающая платформу частной коллекции влиятельного в мире искусства ливанского медиамагната; Манарат Аль-Саадият, появившийся здесь самым первым.

На острове Саадият реализуется масштабная лаборатория по производству культурного смысла в регионе, исторически лишенном подобных институций. ОАЭ, как государство Мирового большинства, располагающая богатым культурным капиталом, решило инвестировать значительные средства в культурную инфраструктуру, поддерживающую местное исламское наследие [2].

Концепция острова Саадият (27 км²) формировалась как долгосрочный ответ на вызовы времени: создать «культурный код» на стыке местных традиций и мировых практик. Однако

понимая, что возведение уникальной среды требует времени, ОАЭ на протяжении первой четверти XXI века параллельно развивали сеть временных, но коммерчески успешных площадок. ЭКСПО, этапы Формулы-1 и международные форумы стали «быстрыми окнами» в мир: они поддерживали образ открытой страны и привлекали социальный капитал (экспертов, студентов, деятелей искусств) еще до того, как постоянные стены Саадията были достроены [7]. Сегодня, когда остров обрел завершённые формы, эта мобильность сменилась укорененностью, а временный успех трансформировался в постоянную ценность.

Стратегия, направленная на устранение «отсутствия общей исторической мифологии и памяти», выражается в бедуинской традиции через искусство гостеприимства и умение создавать пространство для открытого диалога. Эта уверенное ощущение себя в современном мире направлено как на местное население, так и на мировое сообщество. В атмосфере безопасности и гармонии на тихой силе человеческого любопытства культура раскрывает свой истинный потенциал [3, 8].

2. Мастерплан. Остров Саадият расположен в 700 метрах от побережья Абу-Даби и соединен с материком двумя крупными шоссейными переправами (рис.1). Остров включает в себя жилые пространства, центры деловой активности и туристические площадки самого высокого уровня [9]. Жилой квартал Саадият Гроув выступит пространственным разделителем. Береговую линию занимают музеи искусства, входы в которые обеспечены как с суши, так и с воды. В глубине острова помещены институции, обращенные к локальной идентичности и религии: Дом семьи Авраама напротив Музея естественной истории и Национальный музей Зайда, занимающий центральное положение всего квартала. На периферии с другими функциональными зонами расположились галерея teamLab Phenomena Abu Dhabi, Галерея фонда Бассам Фрейха и Манарат Аль-Саадият.



Рис. 1. Фрагменты плана и пешеходные пути

Низкая плотность застройки позволяет каждому кластеру фокусироваться на себе, не вступая в прямой визуальный спор. Для деятелей культуры, художников и энтузиастов предоставляется возможность жить в творческой среде, формирующей подлинную атмосферу района круглый год [10]. В ландшафтном дизайне используется местная и адаптированная флора, устойчивая к пустынному климату. Зеленые коридоры и полуоткрытые общественные пространства связывают постройки и задают пешеходные маршруты. Новая архитектура вступает в диалог с местной экосистемой, ставя себе задачу поддерживать взаимодействие со средой без ущерба зеленому каркасу. Основой этого подхода стало бережное отношение к экосистеме Саадията. Остров включает национальный парк мангровых зарослей и природный песчаный пляж длиной 9 км [11]. При планировании сохранены лагуны и заповедники с мангровыми лесами, морскими травами, обеспечивающих пищу и убежище более чем для 500 видов растений и животных, коралловыми рифами видов, наиболее устойчивых к осадконакоплению и повышенной мутности воды, и пляжами для гнездования черепах [8].

3. Возникшие трудности и первое здание. Саадият долгое время оставался лишь песчаной косой у побережья Абу-Даби. В 2004 году Управление по туризму Абу-Даби объявило о планах превратить природную локацию в туристическую зону с культурным районом в центральной части [11]. Для работы над «концептуальной стадией» привлекли Фонд Соломона Р. Гуггенхайма, которому поручили разработку генерального плана и помощь в приглашении архитекторов с мировым именем [9]. Первым этапом реализации амбициозного проекта стало открытие в 2009 году культурного пространства Манарат Аль-Саадият (в переводе с арабского – «Маяк»). Здание с выразительной сотовой структурой десять лет стояло в окружении строительной площадки, принимая посетителей, которые могли ознакомиться с макетом будущего культурного района. Этот туристический центр площадью 15 800 м² долгое время служил выставочной площадкой, где демонстрировались проекты будущих музеев Саадията на время их строительства [12].

Манарат стал не только свидетелем развития проекта, но и молчаливым участником дискуссий как о культурной политике региона, так и о вызовах международного сотрудничества в этой сфере. Арабская весна, волна антиправительственных протестов в Северной Африке и на Ближнем Востоке, совпали с периодом интенсивного расширения фонда Гуггенхайма (в частности, планами строительства филиала в Абу-Даби). Общественность художников и активистов поставило перед музеем этические дилеммы, связанные с соблюдением прав человека, условиями труда рабочих и вовлеченностью в культурную жизнь регионов с авторитарными режимами [7].

Последующая политическая нестабильность и обвал цен на нефть привели к значительным задержкам реализации проекта на острове Саадият, открытие которого изначально планировалось на 2013 год. В этот период ОАЭ заняли решительную контрреволюционную позицию, сосредоточившись на тщательном мониторинге внутренней ситуации. Для них важно укрепляться как «тихая гавань» для капитала и бизнеса, бегущих из охваченных конфликтами стран [13]. Схожим образом ОАЭ повело себя после событий 11 сентября 2001 года, когда ОАЭ стали первой страной Ближнего Востока и Северной Африки, которая в Нью-Йорке официально заявила о сотрудничестве с полицией Евросоюза в борьбе с терроризмом [13]. Вспоминая события Арабской весны Уильям Уэллс, директор галереи Townhouse в Каире, сказал: «Никто не ожидал, что это произойдет. Я думаю, все [государство и главные участники разработки острова Саадият] думали о религиозных проблемах, никто не думал об этом мощном политическом аспекте» [7].

За шесть лет, прошедших с момента запуска проекта Гуггенхайма в Абу-Даби, неоднократно возникали сомнения в целесообразности тиражирования «эффекта Бильбао» в ОАЭ. Конкуренцию усиливали и соседние страны: например, Катар благодаря частным инвестициям уже успешно заявил о себе на карте современного искусства. Задержки строительства и финансовые трудности также охладили первоначальный энтузиазм вокруг проекта [7]. Тем не менее, ОАЭ продолжили развитие своей культурной среды: в Дубае запускали международные арт-ярмарки и открывали частные галереи, а Шарджа обустроила площадку для биеннале. Верена Форманек, старший менеджер проекта музея Гуггенхайма в Абу-Даби, отметила, что пауза в строительстве пошла на пользу: она позволила более тщательно сформировать коллекцию, которая учитывает как местные особенности, так и запросы глобального арт-рынка [7]. В информационном центре Манарат Аль-Саадият проводили лекции и выставки, охватывающие разные эпохи — от древнего и исламского искусства до современного [14, 15]. Это помогло постепенно познакомить публику с будущими музеями и миром изобразительного искусства в целом. Сегодня, по завершению запланированного проекта, Манарат Аль-Саадият продолжает принимать гостей [12].

4. Филиал галереи Гуггенхайма. Открывает череду приглашенных мастеров Фрэнк Гери с Музеем Гуггенхайма в Абу-Даби. Это его последний проект, расположенный на прибрежном мысе острова: музей обращен к морю и открыт обзору со всех сторон [14]. Его

площадь составляет 42000 м², что делает музей крупнейшим в фонде Гугенхайма и крупнейшим на острове выставочным пространством, рассчитанном на 13000 м² выставочных площадей внутри галерей и на 18000 м² внутри одиннадцати конусообразных пространств [9]. Образ опирается на традиционные ближневосточные крытые дворики и ветряные башни, которые используются для охлаждения сооружений, открытых солнцу пустыни [11]. Подобно им части музея различных размеров соединены переходами, располагаясь вокруг центрального крытого пространства, призванного максимально повысить энергоэффективность здания (рис.2). Галерейные боксы и футуристические конусы громоздятся друг на друга, дезориентируя зрителя [9]. Однако, по замыслу Гери, в этом «намеренном беспорядке» и кроется ясность [16]. В крупнейших галереях будут представлены масштабные инсталляции современного искусства, а большая часть труб будет вмещать четырехэтажные пространства, с галереями на каждом этаже. «Подход к проектированию музея в Абу-Даби позволил рассмотреть варианты дизайна здания, которые были бы невозможны в Соединенных Штатах или Европе, – сказал Гери. – С самого начала было ясно, что это будет новым изобретением» [9].

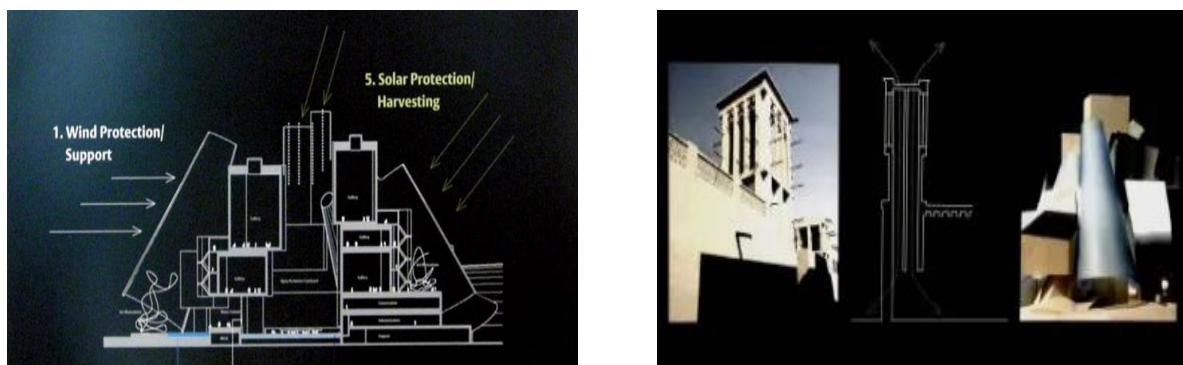


Рис. 2. Схемы, отражающие принципы архитектурно-планировочного решения

5. Лувр Абу-Даби. Для строительства Лувра основным вызовом была разработка ажурного купола-плато – ключевого элемента музея. Эффект «дождь света» потребовал кропотливой работы: десятки макетов и сотни расчетов на основе анализа преломления света через 8 слоев купола (рис.3) и определенного расположения 10000 стержней решетки.

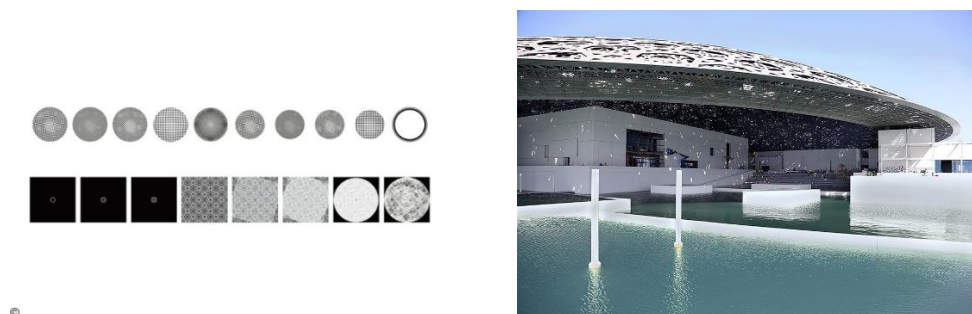


Рис. 3. Световой эффект купола, проникающего сквозь 8 слоев

Так же, как и в случае с Пирамидой Пэя в Парижском Лувре, Лувр от Жана Нувеля умело сочетает современность и традиции, где главным элементом является поэзия света [9]. По замыслу Жана Нувеля этот микрорайон нуждается в таком микроклимате, который давал бы посетителю ощущение, что он попадает в другой мир [17]. Купол диаметром 180 м, сплетенный из 7850 звезд, отсылает к арабским машрабиям, которые используются в

качестве экранов или перегородок для изменения климата в традиционных зданиях Ближнего Востока. Благодаря всего четырем опорам, скрытым в конструкции музея, создается впечатление, что купол парит в воздухе прямо над островной «мединой» [17]. Площадь здания составляет 24000 м². В общей сложности этот музейный город состоит из 55 отдельных зданий, включая 23 галереи. Архитектура, отражаясь в воде у причалов, оказывает благотворное влияние: дарит покой и смягчает микроклимат. Общая эстетика соответствует роли Лувра как святилища для самых ценных произведений искусства (рис.4).



Рис. 4. Функциональное зонирование Лувра Абу-Даби

6. Музей естественной истории. Музей естественной истории Абу-Даби представляет 13,8 миллиарда лет науки и открытий с особым акцентом на арабский регион, что позволяет взглянуть на историю Земли через призму природы региона [18], проходя путь превращения от дна моря в плодородные саванны с реками, когда Персидского залива как такового не существовало, а через западный регион Абу-Даби протекали гигантские реки, кишевшие крокодилами, бегемотами и пресноводными рыбами [19]. Дальнейшие залы развенчивают миф о пустынях как о «бесплодных» землях, демонстрируя богатство местной флоры и фауны, адаптировавшихся к жаре и засухе в течение миллионов лет (рис.5).



Рис. 5. Клеточная структура, выраженная в экстерьере и интерьере здания

Здание хранит редкие метеориты, окаменелости динозавров и реконструкции доисторических ландшафтов региона. Многие экспонаты будут представлены впервые: музей не только задействует собственные залы, но и выступает в коллаборации с соседними институциями культурного района Саадият [18]. Архитектура комплекса площадью свыше 35000 кв.м. перекликается с природными скальными формациями: пятиугольные модули отсылают к клеточным структурам, а облик здания повторяет очертания вади на стыке суши и моря. Обширное публичное пространство с висячими садами связывает объемы постройки, приглашая гостей к прогулкам вдоль набережной. Клеточная структура модулей решает утилитарную задачу – обеспечивает возможность будущего расширения [19].

7. Центр TeamLab Phenomena. Диалог ведётся не только с Западом. Центр TeamLab Phenomena от японского художественного коллектива – это инженерное и цифровое чудо, где архитектура растворяется в иммерсивных медиа-потоках, создавая опыт, выходящий за рамки традиционного музея [20]. Здесь представлена среда, находящаяся в постоянном движении. Посетители взаимодействуют с иммерсивной средой (рис.6), отражающей природные системы.



Рис. 6. Иммерсивная культура

Низкое извилистое здание, практически лишенное окон, имеет непрерывную, органическую форму (рис.7), задуманную как единый с интерьером поток энергии. Внутри многочисленных залов барабанообразной формы рельефные поверхности пола и стен побуждают посетителей задействовать все тело для перемещения по сухим и влажным зонам, наполненным светом, запахами и звуками – то, что коллектив называет «спонтанным порядком» [21].

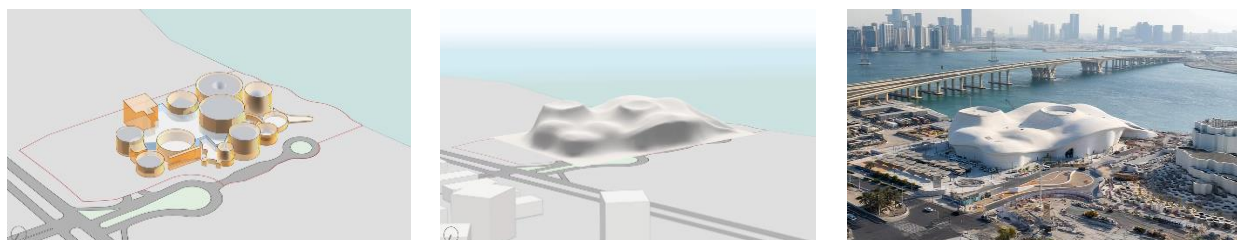


Рис. 7. Обоснование архитектурно-планировочного решения галереи

Сформированное движением и восприятием пространство запоминается как ощущение или отпечаток. Снаружи здание покрыто сплошной белой оболочкой из стекловолоконного железобетона, которую прерывает арочный проем, служащий главным входом, и

торжественная лестница, ведущая к приподнятой площади и смотровой площадке на крыше. Размещаясь на площади 17000 квадратных метров, это крупнейший музейный проект коллектива на сегодняшний день.

8. Здание Фонда искусств Бассам Фрейха. Фонд искусств Бассам Фрейха вот уже полвека собирает работы художников-ориенталистов. Сегодня его миссия – поддержка мастеров Ближнего Востока и Северной Африки и создание пространства для диалога о локальной идентичности, колониальном наследии и стереотипах «ориентализма» [22, 23]. В ответ на европейские коллекции, где наследие Африки и Азии часто представлено как «примитивное» или экзотическое, фонд возвращает голос тем, кто долгое время оставался лишь объектом изображения. Здесь искусство становится взглядом изнутри, а современная фотография вступает в диалог с классической живописью, отделяя реальность от романтических фантазий прошлого.

Здание – небольшой стеклянный куб, обрамленный двумя массивными блоками, приглашающий других в свой мир частной коллекции. Перфорации на фасаде здания снижает солнечный свет (рис.8). Внутри установлены перегородки, позволяющие менять пространство под нужды выставок. Проекту BFAF потребовалось меньше года, чтобы пройти путь от замысла до завершения. На улице представлен сад скульптур, выставленных среди ландшафта, чтобы люди не просто прошли через галерею и ушли, а встретились, обсудили работы и стали частью местного сообщества. «Мы стремимся переосмыслить привычные нарративы, – говорят в фонде, – чтобы показать: культурный обмен не знает границ во времени и пространстве» [23].

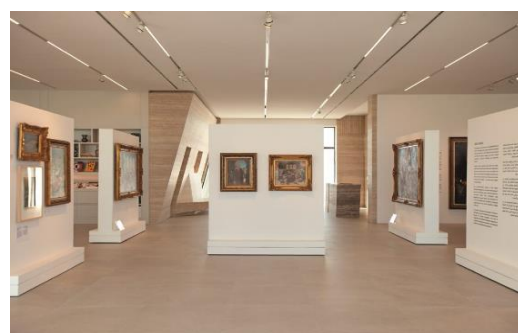
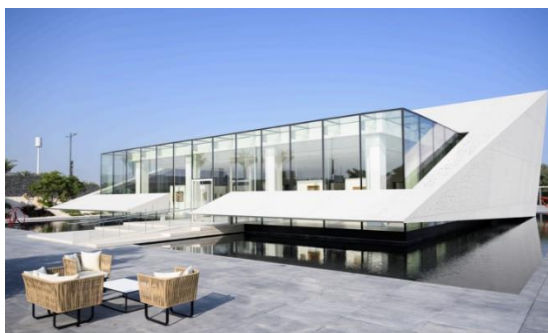


Рис. 8. Экстерьер и интерьер

9. Национальный музей Зайда. Национальный музей Зайда открылся в декабре 2025 года – с опозданием на 13 лет от первоначального графика [7]. Несмотря на то, что задержка привела к срыву соглашения с Британским музеем о кредите на приобретение артефактов, а строительство было заморожено из-за банкротства предыдущего подрядчика и возобновилось только в 2021 году, это позволило доработать сложные инженерные решения.

Проект бюро Foster+Partners вдохновлен образом сокола, поднимающегося из песчаных дюн. Пять стальных башен «крыльев» высотой от 73 до 124 метров не только формируют облик здания, но и служат для естественного воздухообмена, размещая на себе панели автоматических опрыскивателей. Их форма отсылает к соколиной охоте – традиционному виду спорта, который особо почитал основатель ОАЭ шейх Зайд бин Султан Аль Нахайян (1918-2004) [9]. Основная форма музея в виде холма высотой 30,7 м повторяет теплый белый оттенок песка, характерный для местности. Внутри – многофункциональное пространство общей площадью 53331 м² (рис.9).

Расположенный в самом сердце культурного района Саадият в Абу-Даби, новый национальный музей Объединенных Арабских Эмиратов (ОАЭ) прослеживает историю Эмиратов, от самых ранних свидетельств человеческого заселения до цивилизаций, которые

сформировали его культуру и самобытность, укорененные в ценностях Отца-основателя ОАЭ, покойного шейха Зайеда бин Султана Аль Нахайяна [23]. Здание, как остров, окружено водной гладью, к которому можно подойти, пройдя по саду Аль-Масар и перейдя канал.

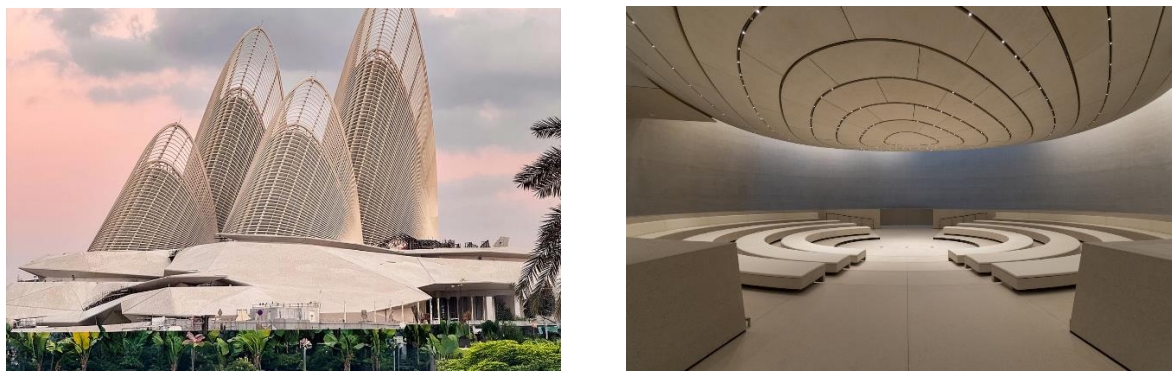


Рис. 9. Экстерьер и интерьер музея

10. Дом семьи Авраама. Открытый в 2023 году Дом Семьи Авраама представляет собой современное объединение мест поклонения из трёх авраамических монотеистических религий на одной территории. Появление проекта на Саадияте связано с «Соглашениями Авраама» (2020) [24, 25]. Стремясь быть моделью межконфессионального диалога, ОАЭ воплотили этот дипломатический акт в архитектуре [26]. Три культовых сооружения – мечеть, церковь и синагога – имеют одинаковую кубическую форму, символизируя баланс и равенство [3]. Здания различаются орнаментальными и планировочными решениями, ключевыми для каждой из религий (рис.10).

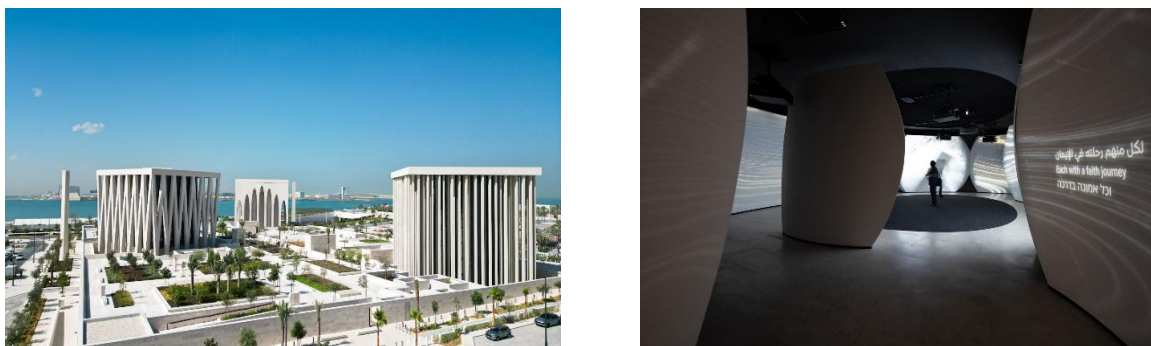


Рис. 10. Экстерьер и интерьер

При презентации проект подвергся критике со стороны некоторых исламских комментаторов, ссылавшихся на текст фетвы, согласно которой объединение Писаний (Корана, Торы и Библии) или строительство общих храмов может рассматриваться как отход от веры. Это вызвало дипломатическую напряженность, и власти ОАЭ пояснили, что проект – светская, а не богословская инициатива, направленная на мирное сосуществование [27, 28]. В стране веками складывались традиции межконфессионального мира: более 80 % населения – представители из 180 стран, а эмиратская идентичность строится на принятии этого многообразия.

Религиозный диалог здесь ведется через социальные институты, объединяя верующих в решении глобальных проблем – от общественных до экологических. На фоне крупных культурных проектов происходит естественная социализация религии: религиозные институты становятся частью гражданского общества [29, 30]. В каждом из храмов

посетители смогут наблюдать за религиозными службами, слушать священные тексты и участвовать в священных ритуалах.

Мечеть Имама ат-Тайеба ориентирована в сторону Мекки. По углам её двора устроены помещения для омовений, отгороженные бронзовыми воротами. Орнамент этих ворот формально повторяет рисунок семи арок, разделяющих каждый фасад. Сдерживая связь между стихиями и уединением, перевернутый купол и пирамидальный потолок внутри квадратной формы символизируют женское и мужское омовение.

Церковь Святого Франциска ориентирована на восток. Дубовый жертвенный стол и три стула расположены в алтарной части под распятием – человекоподобной фигурой, не указывающей на расу или вероисповедание.

Синагога Моисея бен Маймона ориентирована в сторону Иерусалима. Три V-образные колонны, словно перекрывающиеся пальмовые ветви сукки, мягко разделяют интерьер и экстерьер. Это пространство создано для сближения, а не для барьеров [27]. Общественное пространство в саду становится естественной смотровой площадкой: с него открываются виды на все три храма, что визуально объединяет их, но при этом подчеркивает уникальность каждого [26].

Выводы. Планомерное завершение проектных и строительных работ, а также урегулирование спорных вопросов, позволили оправдать ожидания и укрепить доверие страны. Культурный Квартал демонстрирует уверенность арабской культуры, ее открытость миру и устремленность в будущее. Феномен Саадията подчеркивает уникальную компетенцию ОАЭ, выгодно отличая их от соседей по региону.

Остров позиционируется как ультимативная площадка для межкультурного диалога, однако, за грандиозными фасадами музеев, спроектированных звездами мировой архитектуры, скрывается более сложный вопрос: может ли архитектура, будучи инструментом «мягкой силы», стать подлинным пространством для преодоления социальных разломов. Станет ли он просто «западным музеем на восточной земле» или создаст новую, гибридную модель постколониального культурного центра. Пока остров достраивается, он сам является проектом, открытым для множества, в том числе и самых неудобных, интерпретаций. Без четкого понимания того, как общественность воспринимает подобные инициативы, трудно оценить долгосрочное воздействие этих проектов на укрепление подлинного взаимного уважения и снижение предубеждений. Этот пробел требует проведения исследований, чтобы выяснить, действительно ли проект достигает намеченных целей по углублению взаимопонимания.

Библиографический список

1. Mordechai Chaziza, Carmela Lutmar. The UAE's niche diplomacy in the Middle East: authoritarian strategies of a middle power // *Global Security: Health, Science and Policy*. 2025. V. 10:1. P. 2577421.
2. Дьяков Н.Н., Хусиханов Т.Р. Культурная дипломатия ОАЭ: Восток, Запад и Россия // *Концепт: философия, религия, культура*. 2025. № 1. С. 103–115.
3. Beyond the Bedouin path: The evolution of Emirati national identity [Электронный ресурс] // Middle East Institute. URL: <https://mei.edu/publication/beyond-bedouin-path-evolution-emirati-national-identity/> (дата обращения: 14.02.2026).
4. Alexandru-Florin Preda. The Cultural Economics of the United Arab Emirates: When Dark Money Buys Shiny Art // *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*. 2023. V. 17. P. 630–637.
5. Osman Antwi-Boateng, Noura Hamad Salim Al Jaber. The post-oil strategy of the UAE: An examination of diversification strategies and challenges // *Politics & Policy*. 2022. V. 7. P. 21–28.
6. Edelman Trust Barometer [Электронный ресурс] // Edelman. URL: <https://www.edelman.com/trust/2026/trust-barometer> (дата обращения: 14.02.2026).
7. Guggenheim delay raises big question: is Abu Dhabi ready for modern art? [Электронный ресурс] // *The Guardian*. URL: <https://www.theguardian.com/world/2012/apr/17/abu-dhabi-guggenheim-delay-question> (дата обращения: 14.02.2026).
8. Elisa Taelman. Saadiyat Island Tourist Development Project: Dredging in an Ecologically Sensitive Area [Электронный ресурс] // *Terra et Aqua*. 2009. V. 116. P. 3–11.

9. Centre-for-Global-Culture-the-Saadiyat-Island-Cultural-District-by-Krystyna-Januszkiewicz [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.scribd.com/document/349552265/> (дата обращения: 11.03.2026).
10. Where Culture Becomes Community: Reimagining the Cultural District Model [Электронный ресурс] // Atkins Realis. URL: <https://www.atkinsrealis.com/en/projects/saadiyat-cultural-district> (дата обращения: 14.02.2026).
11. Waleed Hamza, Letizia Lusito, Francesco Ligorio, Giuseppe Roberto Tomasicchio, Felice D'Alessandro. Wave Climate at Shallow Waters along the Abu Dhabi Coast // Water MDPI. 2018. V.10. С. 1–19.
12. Manarat Al Saadiyat: Abu Dhabi's Cultural Hub in 2025 [Электронный ресурс] // Al Maya: Island and Resort. URL: <https://almayaae.com/manarat-al-saadiyat/> (дата обращения: 14.02.2024).
13. Мамедов С.С. Эхо «арабской весны» в Объединенных Арабских Эмиратах // Вестник РГГУ. Серия «Политология. История. Международные отношения». 2024. № 5. С. 69–83.
14. Photos reveal Frank Gehry's Guggenheim Abu Dhabi nearing completion [Электронный ресурс] // Dezeen. URL: <https://www.dezeen.com/2025/12/08/frank-gehry-guggenheim-abu-dhabi/> (дата обращения: 14.02.2026).
15. A History of the World in 100 Objects at Manarat Al Saadiyat [Электронный ресурс]. URL: <https://www.e-flux.com/announcements/31285/a-history-of-the-world-in-100-objects-at-manarat-al-saadiyat> (дата обращения: 11.03.2026).
16. Frank Gehry's Guggenheim Museum in Abu Dhabi has a new opening date: 2025 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.designboom.com/architecture/frank-gehry-guggenheim-abu-dhabi-opening-2023-09-22-2021/> (дата обращения: 14.02.2026).
17. Louvre Abu Dhabi [Электронный ресурс] // ArchDaily. URL: https://www.archdaily.com/883157/louvre-abu-dhabi-atelier-jean-nouvel?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 14.02.2026).
18. Mecanoo's Natural History Museum Opens in Abu Dhabi's Saadiyat Cultural District [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/1036303/mecanoos-natural-history-museum-opens-in-abu-dhabis-saadiyat-cultural-district> (дата обращения: 14.02.2026).
19. Time machine: How Natural History Museum Abu Dhabi will recreate emirate as it was seven million years ago [Электронный ресурс] // The National. URL: <https://www.thenationalnews.com/arts-culture/art-design/2024/10/28/natural-history-museum-abu-dhabi-collection-saadiyat-cultural-district/#:~:text=However%2C%20the%20Natural%20Museum%20History,deserts%20are%20barren%20of%20life> (дата обращения: 14.02.2026).
20. TeamLab's sinuous immersive gallery completes on Saadiyat Island [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dezeen.com/2025/12/09/team-lab-phenomena-abu-dhabi-saadiyat-island/> (дата обращения: 14.02.2026).
21. Inside teamLab phenomena Abu Dhabi: a dizzying convergence of light, energy, natural order [Электронный ресурс]. URL: <https://www.designboom.com/art/inside-a-museum-light-energy-natural-order-monumental-teamlab-phenomena-abu-dhabi-open-04-11-2025/> (дата обращения: 14.02.2026).
22. Sarina Wakefield. Museum Development in the Gulf: Narrative and Architecture [Электронный ресурс] // Architectural Design. 2015. V. 85(1). P. 20–27.
23. Abu Dhabi's Bassam Freiha Art Foundation Makes a Mark With Its Striking Architecture [Электронный ресурс]. URL: <https://www.admiddleeast.com/story/abu-dhabis-bassam-freiha-art-foundation-makes-a-mark-with-its-striking-architecture> (дата обращения: 11.03.2026).
24. Zayed National Museum [Электронный ресурс]. URL: https://www.archdaily.com/1036641/zayed-national-museum-foster-plus-partners?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 14.02.2026).
25. Абдуллаев Гасан Парвиз Оглы. Между миром и конфликтом: Ближний Восток после «Авраамовых соглашений» // Вестник РУДН. 2024. №24. С. 40–50.
26. Eke, Chigozi, Orduah, Innocent Nnoronm. Awareness, knowledge and perception of religious harmony: A study of Abrahamic Family House in Abu Dhabi // Multidisciplinary Journal of Current Research and Review. 2024. V.7. P.18–35.
27. Мельник С.В. Периодизация истории межрелигиозного диалога на современном этапе // Вестник ПСТГУ. Серия: Богословие. Философия. Религиоведение. 2021. Вып. 96. С. 95–118.
28. Лункин Р.Н., Мельник С.В. Межрелигиозный диалог: актуальное значение, типология и особенности постсоветского пространства. Россия и мир: научный диалог. 2024. №2. С.52–65.
29. Арабский Восток в лабиринте социально-экономических проблем: коллективная монография / Ин-т востоковедения Рос. акад. наук, Центр араб. и ислам. исслед.; [отв. ред. А. О. Филоник; сост. Л. Н. Руденко, З. А. Соловьева]. Москва : ИВ РАН. 2022. 226 с.
30. Левина Е.К. Кузьминых Е.В. Архитектура в гармонии с природой // Молодёжь и наука: сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвящённой 50-летию первого полёта человека в космос [Электронный ресурс]. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011.

Для цитирования: Наследкова Е.Л. Саадият: архипелаг диалога в эпоху его невозможности // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2026. №2(43). С. 15–25.

УДК 728.1

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ГОРОДА КРАСНОДАРА С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Е. П. Шнурникова, Ю. А. Волкова

*Кубанский государственный технологический университет**Е. П. Шнурникова, ст. преподаватель кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий им. А. В. Титова**Россия, г. Краснодар, тел.: +7(900)244-16-68, e-mail: shnurnikova@mail.ru**Ю. А. Волкова, студент факультета архитектуры, строительства и автомобильных дорог**Россия, г. Краснодар, тел.: +7(900)245-97-65, gmail: Juliawolf55@gmail.com*

Постановка задачи. Особенности проектирования зданий в прошлом в Краснодаре были тесно связаны со знанием местных условий и использованием традиционных строительных приемов. Необходимо рассмотреть основные факторы окружающей среды, влияющие на строительство города Краснодара (Екатеринодара). Определить ключевые особенности проектирования, связанные с учетом данных факторов. Изучить традиционные методы и материалы, применявшиеся для обеспечения комфортного микроклимата.

Результаты. Проанализированы особенности окружающей среды города Краснодара и выявлено их влияние на проектирование местных зданий и застройки.

Выводы. Проектирование зданий в Краснодаре в XIX-XX веках демонстрировало рациональный подход к учету основополагающих факторов окружающей среды. Архитектурные и конструктивные решения были направлены на адаптацию к местному климату и использование доступных материалов. Эти исторически сложившиеся методы обеспечения комфорта могут служить основой для современных принципов устойчивого проектирования и энергоэффективности в южных регионах.

Ключевые слова: Краснодар, окружающая среда, климат, естественная вентиляция, зеленые зоны, историческая застройка, ландшафт.

Введение. Сохранение и адаптация исторических зданий к текущим условиям – одна из актуальных задач современной архитектуры и градостроительства. В условиях стремительного развития технологий и изменения экологических требований особое внимание уделяется не только сохранению культурного наследия, но и обеспечению его устойчивого функционирования в современных реалиях.

Изучение исторического опыта архитектурного проектирования и градостроительства представляет собой ценнейший ресурс для понимания принципов формирования устойчивой и комфортной городской среды. Город Краснодар, ранее известный как Екатеринодар, развивался в условиях жаркого континентального климата с характерными особенностями: длительным жарким летом, интенсивной инсоляцией и ветровым режимом. Застройка города в XIX - начале XX веков осуществлялась архитекторами и строителями, которые, не имея современных технологий, кондиционирования и облегченных материалов искусно использовали природные и климатические факторы для обеспечения комфорта жителей [1].

Особенности проектирования зданий в прошлом в Краснодаре были тесно связаны с эмпирическим знанием местных условий и использованием традиционных строительных приемов. Ключевые архитектурные решения – ориентация зданий по сторонам света, применение затеняющих элементов (навесов, галерей, ставней), использование местных

строительных материалов (саман, кирпич, дерево) с определенными теплофизическими свойствами, а также планировка внутренних дворов и организация естественной вентиляции – были направлены на минимизацию перегрева помещений и создание благоприятного микроклимата [2].

Изучение и анализ исторических архитектурных подходов и градостроительных решений, применявшихся в Екатеринодаре (Краснодаре) в прошлом для адаптации к местным климатическим условиям, позволит не только сохранить уникальные архитектурные памятники в настоящее время, но и обеспечить их долговечность и функциональность в будущем. Изучение этого исторического опыта позволяет выявить рациональные и проверенные временем стратегии, которые могут быть актуальны и сегодня в контексте устойчивого развития, энергоэффективности и поиска региональной архитектурной идентичности. В Краснодаре и Краснодарском крае проектирование с учётом факторов окружающей среды, таких как климатические условия, экология и инфраструктура, имеет особенности, связанные с спецификой региона. И эти особенности требуют индивидуального подхода [3].

1. Климатические условия. Во-первых, это учёт умеренно-континентального климата с переходом к субтропическому на Черноморском побережье. В зимний период температура может опускаться до минус 25 °С, в летний – подниматься до плюс 35 °С. Характерны сильные осадки и ветровые нагрузки [4].

Жаркий климат. Одна из характерных исторических особенностей Краснодара – преобладание плотной малоэтажной застройки (рис.1), а также значительных по площадям зон, занятых частными домами. Это обусловлено прежде всего климатическими факторами. Малоэтажная застройка позволяет городу дышать, попускать свежий воздух во все его уголки [5].



а)



б)

Рис. 1. Пример малоэтажной застройки исторического центра Екатеринодара: а – ул. Красная 1917 год; б – угол Красной и Екатерининской (сейчас Мира), 1913 год [5]

Ориентация зданий в Екатеринодаре в XIX и начале XX веков была ключевым элементом пассивной климатической архитектуры, направленным на минимизацию теплопоступлений от солнца в жаркое время года [6]. Здания старались ориентировать таким образом, чтобы минимизировать попадание прямых солнечных лучей на южном и западном фасадах. Основная цель состояла в том, чтобы максимально сократить площадь фасадов, подвергающихся прямому воздействию палящего солнца в самые жаркие часы (с 11:00 до 17:00). Южный и особенно западный фасады получают наибольшее количество тепла. Поэтому в этих частях дома старались располагать нежилые и вспомогательные помещения: кухни, кладовые, коридоры, лестничные клетки и хозяйственные помещения часто

располагались с южной и западной стороны. Эти помещения служили своеобразным тепловым буфером, защищая основные жилые комнаты от перегрева.

Также использовали периметральную застройку: формирование кварталов с внутренними дворами создавало замкнутое пространство, защищенное от прямых солнечных лучей и ветров, что способствовало созданию более прохладного микроклимата внутри двора, особенно когда там присутствовало озеленение.

Естественная вентиляция была одним из фундаментальных и наиболее эффективных способов поддержания комфортного микроклимата в зданиях Екатеринодара в XIX и начале XX веков. Она основывалась на использовании физических законов движения воздуха (конвекция, разница давлений) и была применена в архитектурные решения [7].

Основные механизмы и приемы для создания естественной вентиляции:

1. Сквозное проветривание. Это был наиболее распространенный и действенный метод охлаждения. Принцип его работы заключался в создании условий для свободного прохождения потока воздуха через все здание или отдельные его помещения. Для реализации данного метода использовалась двусторонняя ориентация помещений: жилые комнаты часто имели окна, выходящие на противоположные стороны (например, на улицу и во двор). Открытие окон с обеих сторон в прохладное время суток (раннее утро, вечер, ночь) создавало сильный сквозняк, который быстро вытягивал горячий воздух из помещения и заменял его более прохладным.

Кроме того, использовалась анфиладная планировка: в некоторых домах комнаты располагались последовательно, что позволяло воздуху свободно проходить от фасада к фасаду через все основные помещения.

2. Вертикальная тяга (конвекция). Этот метод использовал естественное свойство горячего воздуха подниматься вверх. Принцип ее работы: теплый воздух из нижней части здания или помещения поднимается вверх и выходит через специально предусмотренные отверстия в верхней части, создавая разрежение, которое затягивает более холодный воздух снизу. Для реализации данного метода использовались высокие потолки: большая высота помещений (3-4 метра) усиливала эффект вертикальной тяги. Горячий воздух скапливался под потолком, подальше от зоны нахождения людей.

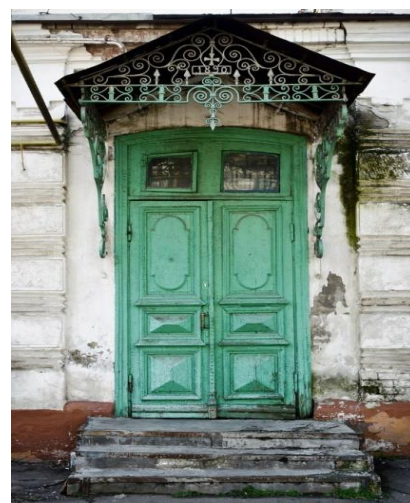
Также применялись фрамуги (рис.2). Использование фрамуг (небольших окон над основными окнами или дверями) позволяло выпускать горячий воздух, скопившийся под потолком, даже если основные окна были закрыты или прикрыты ставнями.



а)



б)



в)

Рис. 2. Пример использования фрамуг в фасадах исторического центра Краснодара:
а – ул. Октябрьская д.96; б – ул. Янковского д.20; в – ул. Коммунаров д.105

3. Использование архитектурных элементов как буферов. Для создания естественной вентиляции также использовались веранды и галереи: открытые или застекленные веранды, окружающие дом или его часть, создавали теневой барьер и способствовали циркуляции воздуха. Воздух, проходящий через затененную веранду, был прохладнее, чем воздух на открытом солнце, и именно он затем попадал в жилые помещения.

Эти методы естественной вентиляции были обязательной частью целостного подхода к проектированию, который позволял жителям Краснодара XIX и XX веков поддерживать приемлемый уровень теплового комфорта, используя естественные ресурсы окружающей среды [8, 9].

Обильные осадки. Также необходимо учитывать, что наибольшее число осадков в Краснодаре выпадает весной (май-июнь) и ноябре, при этом июнь считается самым дождливым месяцем, а ноябрь – самым влажным по общему количеству осадков, с примерным объемом до 70 мм в июне и 54 мм в ноябре. Поэтому необходимо планирование грамотной системы ливневой канализации и водоотведения в исторической застройке [4].

В дореволюционном Екатеринодаре ливневой канализации как единой системы не существовало, что и объясняет традиционные подтопления улиц. Полноценная канализационная система появилась в городе далеко не сразу. В начале XX века были предприняты первые попытки, но массовое строительство сетей началось только в советское время, в конце 1920-х и начале 1930-х годов.

В исторической части города используется в основном смешанная система канализации, когда бытовые стоки и ливневые воды попадают в одну сеть (рис.3). Это приводит к перегрузке очистных сооружений и канализационных коллекторов во время сильных дождей [5, 10]. Те ливневые коллекторы, которые были проложены в историческом центре позже, представляют собой раздробленную и изношенную систему. Керамические трубы с негерметичными стыками, проложенные в начале XX века, не справляются с современными нагрузками. Сети в историческом центре, проложенные в советское время, сильно изношены. Они требуют капитального ремонта и замены, что обусловлено сроком службы, разрушением корнями деревьев и заиливанием.



Рис. 3. Схемы водоснабжения и водоотведения города Краснодара: а – в центре города, ул. Красная; б – современные районы, ул. Артиллерийская и ул. Бабушкина.

Инженерная инфраструктура исторического центра не рассчитана на современную плотность застройки и объёмы потребления воды. Реконструкция сетей в плотной исторической застройке – сложный и дорогостоящий процесс, требующий особого подхода,

чтобы не повредить памятники архитектуры и ценные исторические объекты. Проблема требует комплексного решения, включая реконструкцию и расширение сетей, строительство новых коллекторов, а также борьбу с незаконными врезками.

Таким образом, системы канализации и водоотведения в историческом центре Краснодара являются слабым местом городской инфраструктуры, требующим серьезной модернизации и системного подхода к решению накопившихся проблем.

2. Экологические условия. При проектировании исторических зданий в Краснодаре важно учитывать экологические условия города, чтобы сохранить культурное наследие и минимизировать воздействия на окружающую среду [11]. Они включают в себя анализ уровня загрязнения воздуха, состояния зелёных зон, качества грунтов, сохранности водных ресурсов и биоразнообразия, а также оценку шумового воздействия, колебаний и необходимость повышения энергоэффективности зданий. Всё это нужно для того, чтобы минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и сохранить историко-культурное наследие города.

Зеленые зоны. Озеленение играло критически важную роль в проектировании зданий и застройки в Екатеринодаре, выполняя не только декоративную функцию, но и выступая в качестве ключевого инструмента пассивной климатической адаптации. Зеленые насаждения улучшают городские микроклиматические условия, так как снижают силу ветра, увеличивают влажность воздуха, регулируют тепловой режим [12].

1. Роль озеленения в создании микроклимата дворов и улиц. Деревья и кустарники создавали обширную тень, которая защищала фасады зданий, дорожки и землю от прямого солнечного излучения. Это предотвращало перегрев поверхностей и снижало общую температуру воздуха в затененных зонах.

Повышение влажности воздуха с помощью процесса эвапотранспирации (испарение воды растениями и почвой). В условиях сухого и жаркого лета это делало воздух более комфортным для дыхания и снижало ощущение жары.

Плотные зеленые насаждения использовались для защиты от сильных восточных ветров, особенно в холодное время года, а также для фильтрации пыли, которая была характерна для грунтовых дорог того времени.

2. Озеленение как элемент градостроительства. Бульвары и аллеи: Краснодар исторически известен своими зелеными улицами и бульварами. Широкое использование деревьев для затенения улиц было сознательным градостроительным решением (рис.4). Аллеи из крупных деревьев создавали тенистые коридоры, которые делали перемещение по городу в жаркую погоду более комфортным.



а)



б)

Рис. 4. Бульвар на ул. Красная в прошлом: а – бульвар в 1975 году, рядом с Универмагом; б – бульвар с высоты птичьего полета, 1981 год

Таким образом, озеленение в историческом Краснодаре было неотъемлемой частью архитектурного и градостроительного проектирования, основанного на глубоком понимании регионального климата и использовании природных ресурсов для создания комфортной и устойчивой городской среды.

3. Особенности озеленения на уровне зданий и участков. Практически каждый домовладелец обустроивал внутренний двор, который превращался в настоящий оазис. Дворы включали не только хозяйственные постройки, но и плодовые сады, виноградники и цветники.

Виноградные лозы и вьющиеся растения часто высаживались вдоль стен, на перголах и навесах, создавая естественные зеленые «крыши» и «фасады». Это обеспечивало эффективную защиту от солнца и при этом не препятствовало ночному охлаждению стен.

Крупные деревья (платаны, каштаны, акации) высаживались с южной и западной стороны зданий. Их кроны затеняли стены и окна в жаркие полуденные и послеобеденные часы, но при этом пропускали солнечный свет зимой, когда деревья сбрасывали листву.

Подбор строительных материалов. В XIX и начале XX веков в Екатеринодаре при проектировании зданий и застройки применяли материалы и конструкции, которые были обусловлены местной доступностью ресурсов, климатическими особенностями и уровнем технологического развития того времени. Основным акцент делался на массивность конструкций и использование материалов с высокой тепловой инерцией [5, 7].

Ключевыми факторами при выборе материала служили:

1. Высокая влажность и осадки. Обильные дожди и высокая влажность воздуха, требуют использования влагостойких материалов для фасадов и кровель.

2. Сейсмическая активность. Краснодарский край находится в зоне сейсмической активности, что диктует особые требования к прочности и устойчивости строительных конструкций.

3. Солнечная инсоляция. Интенсивное солнечное излучение приводит к выгоранию красок и других отделочных материалов, поэтому важно использовать УФ-устойчивые покрытия.

4. Температурные колебания. Резкие перепады температур требуют материалов с высокой морозостойкостью, жаростойкостью, способных выдерживать циклы замерзания-оттаивания без потери прочности.

5. Ветровые нагрузки. Сильные ветры, характерные для некоторых районов края, требуют надёжного крепления фасадных и кровельных элементов.

Основные строительные материалы:

- Кирпич. Глина, прошедшая обжиг (обожженный кирпич) или высушенная на солнце (сырец). По мере развития города и роста благосостояния населения, кирпич становился все более популярным, особенно для строительства административных зданий, купеческих домов и более престижной застройки в центре города. Сырец применялся на начальных этапах, позднее повсеместно перешли на обожженный кирпич с местных заводов.

В начале периода (середина XIX века) часто использовался сырой (необожженный) кирпич для фундаментов и стен, который был менее долговечен. Позднее, с появлением местных кирпичных заводов, широко применялся обожженный кирпич. Кирпичные стены также отличались массивностью и хорошими теплоизоляционными свойствами. Также применялся для архитектурного декора фасадов (фигурная кладка, карнизы). Кирпичные стены также были массивными, обеспечивая хорошую теплоизоляцию. Кирпич позволял создавать более прочные и долговечные конструкции.

- Дерево. Древесина также была важным строительным материалом, хотя и менее распространенным в чистом виде для капитальных жилых домов в самом городе, чем в более северных регионах. Использовалось в основном как конструкционный материал – для

создания каркасов, стропильных систем крыш, балок перекрытий, изготовления окон, дверей, ставней, веранд и галерей. В чистом виде для возведения стен жилых домов использовалось реже, чем саман или кирпич. Также из дерева изготавливали декоративные элементы фасадов.

- Камень (известняк, песчаник). Природный камень, доставляемый из карьеров предгорий Кавказа. Использовался преимущественно для закладки фундаментов и цокольных этажей, где требовалась повышенная прочность и влагостойкость.

Фундаменты. В зависимости от типа здания и наличия материалов, использовались ленточные фундаменты из камня (бутового камня) или кирпича-железняк (самого прочного обожженного кирпича), укладываемые на раствор.

Стены. Применялись стены из материалов с высокой тепловой инерцией, таких как саман (смесь глины с соломой) или толстый кирпич. Их толщина была значительной, что обеспечивало как несущую способность, так и тепловую защиту. Такие стены медленно нагревались днем и постепенно отдавали тепло ночью, сглаживая суточные колебания температуры.

Высокие потолки. Высокие потолки (3 метра и более) способствовали лучшему перемещению и стратификации воздуха, позволяя горячему воздуху подниматься вверх.

Кровля. Скатные крыши с деревянными стропильными системами. Основными материалами покрытия кровельное железо (оцинкованное или черное, часто окрашенное), которое соединялось с помощью фальцев, также активно применялось во второй половине XIX и начале XX века.

Таким образом, строительная практика в историческом Краснодаре опиралась на использование местных материалов с учетом их теплофизических свойств, что позволяло создавать здания, хорошо приспособленные к региональному климату.

Воздействия на ландшафт. Особенности проектирования зданий и застройки в центре Екатеринодара в XIX и начале XX веков, связанные с ландшафтом местности, определялись в первую очередь равнинным характером территории, наличием реки Кубани и спецификой почв [10, 13].

Существенным оказалось отсутствие сложных рельефных ограничений. Территория исторического центра Краснодара в основном представляет собой плоскую равнину [2]. Отсутствие значительных перепадов высот позволило реализовать строгую ортогональную (прямоугольную) сеть кварталов, которая была заложена еще при основании города. Эта планировка не требовала сложных инженерных решений для адаптации к рельефу. Вдобавок равнинный ландшафт способствовал относительно однотипному проектированию зданий в пределах одного квартала, без необходимости подстраивать каждый дом под индивидуальные особенности склона.

Еще одним фактором при проектировании Краснодара были тип почв. Характерные для региона лессовые и глинистые грунты при намокании могут быть неустойчивыми. Это требовало тщательного подхода к проектированию фундаментов для обеспечения устойчивости зданий. Использование массивных ленточных фундаментов было распространенной практикой [7, 9].

Таким образом, хотя рельеф исторического центра Краснодара не диктовал сложных архитектурных форм, ландшафтные особенности местности, в первую очередь близость реки и характер почв, оказывали существенное влияние на конструктивные решения и инженерную подготовку территории.

Выводы. Проектирование архитектурных объектов в Краснодаре требовало и требует учета множества факторов, включая климатические условия, экологические аспекты и топографические особенности. Это необходимо для создания функциональных, эстетически привлекательных и экологически устойчивых объектов. Комплексный подход к проектированию, учитывающий все эти факторы, позволяет создавать архитектурные

объекты, которые гармонично вписываются в городскую среду и способствуют её устойчивому развитию.

Анализ архитектурных и строительных практик в Краснодаре XIX и начале XX веков показывает, что климатические, рельефные и экологические условия играли значительную роль в формировании городской среды. Архитекторы того времени адаптировали свои проекты к местным условиям и потребностям населения, создавая гармоничное взаимодействие между застройкой и природным ландшафтом.

Исторические строительные методы позволяют выявить ключевые принципы, актуальные и в настоящее время. Внимание уделяется не только эстетической и функциональной составляющей зданий, но и их экологической безопасности, сохранению историко-культурного наследия и интеграции в окружающую среду.

Изучение данной темы помогает глубже понять эволюцию городской застройки и разрабатывать инновационные подходы к проектированию, сочетая современные технологии и опыт прошлого поколения. Только комплексный и ответственный подход к проектированию может обеспечить создание архитектурных объектов, которые будут служить жителям и гостям города на протяжении многих лет, сохраняя при этом природное и историческое наследие Краснодара.

Библиографический список

1. Мягков М.С., Алексеева Л.И. Особенности ветрового режима типовых форм городской застройки // Архитектура и современные информационные технологии. 2014. № 1(26). С. 4–10.
2. Шнурникова Е.П., Волохин В.Ю., Кондрашов А.В. Использование принципов органической архитектуры в исторической части города Краснодара // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. №3(32). С. 6–10.
3. Бакаева Н.В., Черняева И.В. Алгоритм оценки градостроительной деятельности на основе принципов биосферной совместимости // Градостроительство и архитектура. 2019. № 2 (35). С. 5–14.
4. Сокольская О.Н., Мягков Н.С. Особенности проектирования зданий и застройки на территории Краснодарского края РФ // StudNet. 2022. №7. С. 7506–7516.
5. Маркова О.Н. Опыт типографического анализа исторической застройки города Краснодара // Наследие веков. 2019. №1. С.112–126.
6. Субботин О.С. Архитектурное наследие Кубани в контексте исторической среды жизнедеятельности (градостроительный аспект) // Вестник Брестского государственного технического университета. 2022. №2. С.52–55
7. Сокольская О.Н., Шнурникова Е.П. Оценка биосферной совместимости застройки южного города // Научные труды КубГТУ. 2019. №7. С.51–61
8. Субботин О.С. Особенности реконструкции исторической застройки городского центра Краснодара // Жилищное строительство. 2011. №4. С.7–9
9. Салиб Джон И.Ф. Городское планирование и сохранение окружающей среды города Краснодара / И.Ф. Салиб Джон, Т.А. Романова, Л.А. Щенявская, А.В. Андрищенко, А.А. Шалая // Естественные и точные науки. 2024. №4. С. 93–98.
10. Шнурникова Е.П., Фотиева В.А., Столбикова А.А. Градоэкологический каркас // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 1(30). С. 11–16.
11. Онищенко С.В., Шнурникова Е.П., Петриченко А.Ю. Методы решения проблем сохранения и развития исторических городов на примере Краснодарского края // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. № 1(34). С. 11–18.
12. Сокольская О.Н., Кайшева А.И. Влияние объёмно-планировочной структуры застройки на формирование теплового комфорта атмосферной среды города Краснодар // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2023. № 2(42). С. 37–46.
13. Шнурникова Е.П., Бердник А.А. Утрата идентичности: что искажает облик исторического центра города Краснодара // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2026. №1 (42). С. 14–17.

Для цитирования: Шнурникова Е.П., Волкова Ю.А. Особенности проектирования исторической застройки города Краснодара с учетом факторов окружающей среды // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2026. №2(43). С. 26–33.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 725.94

ОСОБЕННОСТИ МОНУМЕНТАЛЬНОЙ СКУЛЬПТУРЫ И МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ ГОРОДА КРАСНОДАРА

А. А. Бердник, Е. П. Шнурникова

Кубанский государственный технологический университет

*А. А. Бердник, студент кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий имени А.В. Титова
Россия, г. Краснодар, тел.: +8(909)454-73-23, e-mail: ann22852@mail.ru*

*Е. П. Шнурникова, ст. преподаватель кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий
им. А. В. Титова
Россия, г. Краснодар, тел.: +7(900)244-16-68, e-mail: shnurnikova@mail.ru*

Постановка задачи. Архитектурно-скульптурное наследие города Краснодара, включающее монументальную скульптуру и малые архитектурные формы (МАФы), представляет собой многослойный исторический палимпсест, отражающий смену политических режимов и идеологий от царской эпохи через советский период к современности. В настоящее время целостность этой визуальной летописи нарушена, а исторический центр города переживает кризис идентичности.

Результаты. Выявлены характерные черты и идеологическая нагрузка монументальной скульптуры и МАФов в каждую из трех эпох. Проанализированы ключевые примеры для каждого периода (памятник Екатерине II, обелиск Кубанскому казачьему войску, фонтан у стелы «Аврора», мемориал «Жертвам фашизма», скульптуры «Собачкина столица» и «Шурик и Лида», парк «Краснодар»).

Выводы. Проведенное исследование позволяет утверждать, что монументальная скульптура и малые архитектурные формы города Краснодара являются не просто элементами благоустройства, а важнейшим историческим источником, визуализирующим смену общественных ценностей и идеологий. Эволюция от имперской парадности через советскую идеологизацию к современной человеко-ориентированности демонстрирует кардинальное изменение отношения к городу и его жителю.

Ключевые слова: малые архитектурные формы, монументальная скульптура, Краснодар, градостроительная идентичность, казачье наследие, советская архитектура, городская среда.

Введение. Люди в любую эпоху стремились обустроить не только внутреннее убранство своих домов, но и окружающие их скверы и парки, так как окружение каких-либо построек дополняется сооружениями извне – таковыми дополнениями являются МАФы и монументальная архитектура.

Малые архитектурные формы (МАФы) – это архитектурные конструкции, имеющие практическое и декоративное назначение, использующиеся для организации пространства с целью обеспечения комфортной жизни и досуга.

В свою же очередь монументальное зодчество Екатеринодара, изначально задуманного как военно-административный центр Кубанского казачьего войска, олицетворяла верность

Отчизне. Военная доблесть, как основа казачьего бытия, находила воплощение в триумфальных сооружениях. Памятные обелиски в честь знаменательных событий, триумфальные арки (например, Александровская), возводимые к визитам монархов, и даже сама монументальность административных зданий подчеркивали воинскую славу, дисциплину и роль казачества как защитника границ [1].

Краснодар – это город с великой историей и особенной архитектурой. Неотъемлемой частью города являются малые архитектурные формы, которые не только способствуют более комфортной жизни в городе, но дополняют его, заставляя прохожих задержать свой взгляд на этих произведениях искусства.

История Краснодара началась в 1793 году, когда черноморские казаки основали крепость Екатеринодар, первоначально как военный лагерь, а позднее как крепость. Название город получил в честь императрицы Екатерины II, которая передала в дар казакам кубанские земли. Именно с этого момента, некогда хоть и плодородная, но необитаемая территория начинает трансформироваться в прекрасный город – будущий Краснодар [2].

В 1907 году благодарные потомки к 200-летию Кубанского казачьего войска установили памятник императрице. Его производством занимался знаменитый скульптор Михаил Микешин, заканчивал работу скульптор Борис Эдуардс. Помимо Екатерины II были отлита фигура князя Потемкина-Таврического, трех первых казачьих атаманов, выгравирован текст Жалованной грамоты и победы, одержанные Россией при участии казаков (рис.1) [3].



Рис. 1. Памятник «Екатерине II» до революции

Данная архитектурная форма стала исторически значимой для города, так как показывало само его сердце – становление. Памятник стал излюбленным местом горожан. В этом сквере часто собиралось много народа, проводились городские праздники. Несмотря на то, что сейчас мы можем лицезреть только реконструкцию, так как памятник императрице в 1920 году пустили на слом, установив взамен него памятник борцам революции. И только в 2006 году историческая справедливость наконец восторжествовала – памятник Екатерине II был воссоздан в центре Краснодара по проекту скульптора Александра Аполлонова (рис. 2).

Также Александр Аполлонов вместе с архитектором Олегом Кобзарь взялись за воссоздание обелиска, посвященного 200-летию становления казачьего войска. В 1990-е, с возрождением Кубанского казачьего войска, возникла и идея восстановить исторический обелиск. Его открытие было посвящено 300-летию юбилею казачества. Хотя оригинальный проект принадлежал архитектору Василию Филиппову (рис.3) [4].

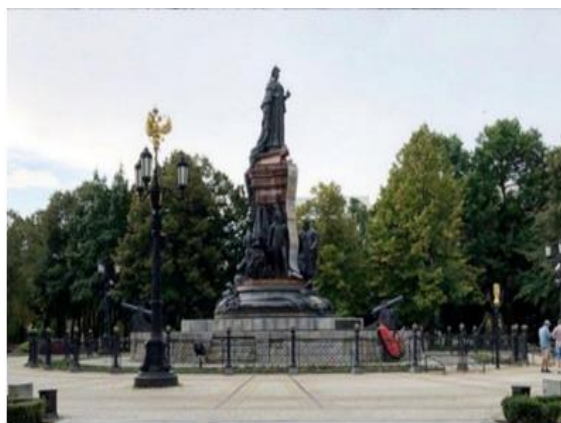


Рис. 2. Памятник борцам революции 1920 и реконструкция памятника Екатерине II в 2006 на том же месте

Благодаря старым чертежам и фотографиям, новый обелиск стал точной копией утраченного. Исторически в России обелиски, в отличие от мемориальных колонн, не теряли своей актуальности. Зародившись при Екатерине II как памятник военным победам, они продолжали возводиться в честь ратных подвигов и в последующие два века (рис.3).

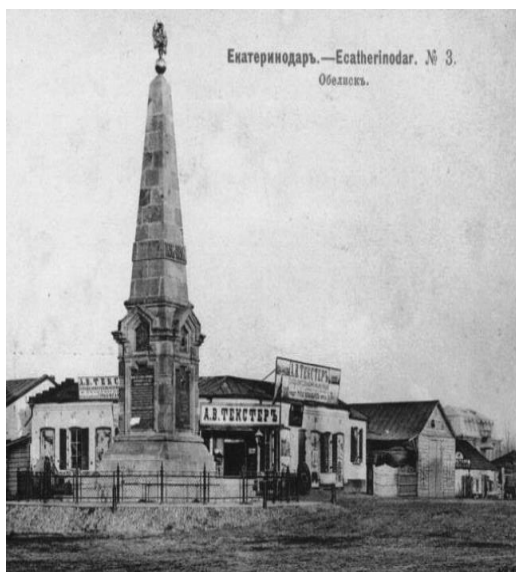


Рис. 3. Обелиск в честь 200-летия Кубанского казачьего войска исходный и реконструированный

Период 1917 - конец 1920-х гг. – революция и Гражданская война. Разрушение старого. Снос символов царской власти (памятников, триумфальной арки, некоторых оград), переименование улиц, самого города. Теперь почти в каждой архитектурной форме читается символизм советской власти. Архитекторы стремились к тому, чтобы показать величие новой эпохи в каждой детали. Все это прослеживается вплоть до 1991. Можно сказать, что в советский период МАФы в Краснодаре перестали быть декоративными элементами. Они стали «архитектурной агитацией», которая ежедневно и ненавязчиво внушала горожанам основные ценности: коллективизм, патриотизм, верность партии, культ труда и спорта, веру в светлое коммунистическое будущее. Каждая скамейка, каждый фонтан и скульптура несли в себе четкое идеологическое послание [5].

Фонтаны в СССР были не просто элементами благоустройства, а символами победы человека над стихией и процветания социалистического государства. Стоит отметить фонтан перед памятником-стелой «Аврора», который был открыт в 1967. Сам фонтан является неотъемлемой частью композиции, главной в которой выступает памятник, установленный в честь 50-летия Октябрьской революции и носит полное название «Аврора – символ революционной славы кубанского комсомола». Он посвящен кубанским комсомольцам и молодежи, которые сражались и погибли за установление советской власти на Кубани в годы Гражданской войны (рис. 4).

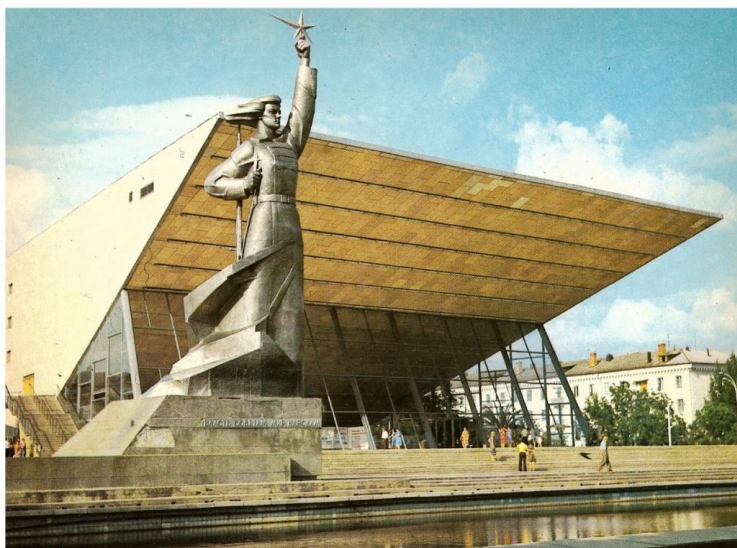


Рис. 4. Памятник «Аврора – символ революционной славы кубанского комсомола»

Также стоит упомянуть Мемориальные комплексы, например, «Жертвам фашизма» в Чистяковской роще (во время установки мемориала – Первомайская роща). Такие объекты воспитывали патриотизм и память о Великой Победе, которая была краеугольным камнем советской идентичности. Центром композиции является высокая стела, символизирующая и вечность памяти, и устремленность в будущее. Сам монумент олицетворял всеобщую скорбь и дань уважения павшим. Воин не изображен в яростной атаке – он скорбит, подчеркивая, что победа была достигнута ценой огромных жертв (рис.5) [6].



Рис. 5. Мемориальный комплекс «Жертвам фашизма» в Чистяковской роще

Использование бетона, гранита – традиционных для советских монументов материалов – говорило о прочности, долговечности и величии подвига. Суровые, лаконичные формы и отсутствие декора создавали атмосферу торжественной скорби.

До революции МАФы были штучными, часто создавались по индивидуальным проектам. В советский период же главный принцип – тиражирование. По всему Краснодару, как и по всему СССР, устанавливались одинаковые киоски «Союзпечать», типовые бетонные скамейки, стандартные фонарные столбы и скульптуры. Это создавало ощущение единства городской среды большой страны. Для того времени центрами сосредоточением самых ярких МАФ стали Первомайский парк и парк им. М. Горького (сейчас Городской сад). Именно здесь разворачивались целые скульптурные ансамбли, строились парадные фонтаны, устанавливались павильоны для игр и чтения. Парк мыслился как модель идеального советского мира для досуга трудящихся.

Переходя к современному городу, можно заметить яркие изменения в проектировании малых архитектурных форм. Они становятся показателем того, к чему же пришёл прогресс. Разность форм, материала и оригинальность становятся вдохновителями архитекторов. В современном городе нет идеи в том, чтобы разрушить прошлое для построения будущего, как это было в 1920-х годах. Архитекторы стремятся к сохранению прошлого, без вреда для создания будущего. Одним из ярчайших мест в городе, где собраны самые разные МАФы является парк «Краснодар» (рис. 6) [7].



Рис. 6. Парк «Краснодар» и его МАФы

Современные малые архитектурные формы стали проектироваться с целью не только предоставить жителям комфортную зону для отдыха, но и зону, которую захочется запечатлеть, на которой захочется задержать свой взгляд.

Парк «Краснодар» – это «городская гостиная» под открытым небом, а его МАФы – это мебель и декор для нее. Они ориентированы не на идеологическое воспитание, как в советское время, а на создание максимально комфортной, эстетичной и функциональной среды для развлечений, релаксации и создания контента для социальных сетей. Это наглядный пример того, как изменились приоритеты в градостроительстве: от коллективного к индивидуальному комфорту [8].

Не стоит забывать и о таком архитектурном явлении как ковка. Кованые элементы были «ювелирными украшениями» для каменных зданий Екатеринодара. Они сочетали в себе практичность (защита, ограждение) и высокую художественную ценность, подчёркивая статус владельца и общий архитектурный замысел, добавляя фасадам лёгкости, изящества и

уникальности. Прогуливаясь по историческому центру Краснодара (Екатеринодара) и сегодня, можно увидеть множество примеров такой ажурной красоты (рис. 7).



Рис. 7. Кованые ворота на ул. Костылева и скамья с эмблемой на ул. Красная

Стоит отметить, что она была довольно распространена в каждой эпохе. Изменениям только подвергались стиль узоров и использование. В дореволюционной России ковка использовалась для создания уникального фасада, в оградах храмов и монастырей (например, Свято-Екатеринославского собора) использовалась мощная, но часто ажурная ковка с религиозной символикой (кресты, херувимы) [9]. В советскую эпоху несмотря на то что в 1920 от нее отказываются, так как ковка как буржуазный декор была почти полностью отвергнута, уже в 1940 начинается эпоха ее возрождения. В парадной архитектуре «сталинок» она вернулась как символ победного величия и торжества. В наши дни пример можно увидеть, даже просто прогуливаясь по центру города. Улицы Краснодара украшают кованые скамьи с эмблемой, отсылающих к прошлому названию города – Екатеринодар.

Гуляя по городу можно увидеть малые скульптуры и барельефы, которые несмотря на свой размер приковывают взгляд и дополняют общее пространство. Довольно много скульптур, ради которых стоит пройти по конкретным улицам. Один из примеров – это скульптура «Собачкина столица». Памятник был установлен в 2007 году. Автор проекта, скульптор Валерий Пчелин, изобразил двух одетых в наряды собак на первом свидании. Встретившись у часов на углу улиц Красной и Мира, они отправляются на прогулку. Атрибутами персонажей служат зонтик и цилиндр. Фраза на гранитной стене «Это же не собачья глушь, а собачкина столица» цитирует шутку Владимира Маяковского, который назвал Краснодар «собачкиной столицей» во время своего визита в 1926 году (рис.8) [10].

Памятник Шурику и Лиде в Краснодаре – это одна из самых трогательных, узнаваемых и любимых городских скульптур. Он является прекрасным примером того, как кинематограф становится частью городской среды. Памятник был открыт 16 сентября 2012 года. Идея установки принадлежала ректору ФГБОУ ВО «КубГТУ» Владимиру Лобанову. Выбор места и персонажей не случаен. Существует популярная городская легенда, что именно студент КубПИ (ныне КубГТУ) стал прообразом Шурика для режиссёра Леонида Гайдая. Хотя официальных подтверждений этому нет, легенда прочно укрепилась в культурном коде города и стала поводом для установки памятника (рис.8).

Сегодняшние МАФы, будь то ироничные «Собачки» или кинематографические Шурик с Лидой, создают не идеологический, а эмоциональный ландшафт. Они формируют комфортную, узнаваемую и гостеприимную среду, сфокусированную на индивидуальном восприятии горожанина.



Рис. 8. «Собачкина столица» на ул. Красная, 58 и «Лида и Шурик» на ул. Московская, 2

Выводы. Эволюция монументальной скульптуры и малых архитектурных форм в Краснодаре представляет собой наглядную летопись города, отражающую смену политических режимов, идеологий и общественных ценностей. От триумфальных символов царской эпохи, прославлявших воинскую доблесть и имперскую власть, через масштабную «архитектурную агитацию» советского периода, воспитывавшую нового человека, город пришел к современному, человеко-ориентированному подходу.

Таким образом, малые и монументальные формы в архитектуре Краснодара являются не просто декоративными элементами, а важнейшими историческими источниками, позволяющими прочесть прошлое и настоящее города, ощутить преемственность эпох и уникальный дух места – от казачьего Екатеринодара до динамичного современного Краснодара.

Библиографический список

1. Екатеринодар – Краснодар: Два века города в датах, событиях, воспоминаниях: Материалы к Летописи / Краснодар. гор. Дума. Краснодар: Кн. изд-во, 1993. 800 с.
 2. Бардадым В.П. Архитектура Екатеринодара. Краснодар: Советская Кубань, 1997. 256 с.
 3. Жизнь Советского Краснодара в 60-е годы. 20 раскрашенных фотографий [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/aOhfeI6Y4RdqtLFf> (дата обращения: 18.10.2025).
 4. Памятник Екатерине II в Краснодаре: от сдачи на металлолом до возрождения [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/YLPonuZuw0mDZw5j> (дата обращения: 18.10.2025).
 5. Федоренко Р.П. Судьба историко-архитектурного наследия Краснодара в XX веке: утраты и сохранение // Культурная жизнь Юга России. 2012. № 3 (46). С. 78–81.
 6. Кизицкий М.И. Лики старого Краснодара: историко-архитектурные очерки / М.И. Кизицкий, Н.А. Козлова; под ред. В. В. Семенкова. Ч. 1. Краснодар: ИМСИТ, 2017. 196 с.
 7. Мазаева Ю.В. Использование малых архитектурных форм и других элементов в ландшафтном дизайне сада // Наука и образование. 2023. №6(1). С. 105.
 8. Сыдыгалиев Д.С., Искабылов М.А. Малые архитектурные формы как компонент архитектурного ландшафта // Вестник науки. 2025. №6 (87). С. 112–119.
 9. Слышкин М.А. Кованый металл в архитектуре Юга России конца XIX – начала XX века (на примере Екатеринодара) // Academia. Архитектура и строительство. 2020. № 2. С. 112–119.
 10. Онищенко С.В., Шнурникова Е.П., Петриченко А.Ю. Методы решения проблем сохранения и развития исторических городов на примере Краснодарского края // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. № 1(34). С. 11–18.
- Для цитирования: Бердник А.А., Шнурникова Е.П. Особенности монументальной скульптуры и малых архитектурных форм города Краснодара // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2026. №2(43). С. 34–40.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 697.14

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

А. А. Мерщев, Д. В. Лобанов, Д. И. Черский

*Воронежский государственный технический университет**А. А. Мерщев, ст. преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства**Россия, г. Воронеж, тел. +7(951)546-06-15, e-mail: sasha_1990@mail.ru**Д. В. Лобанов, ст. преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства**Россия, г. Воронеж, тел. +7(903)651-33-43, e-mail: LDV-36@mail.ru**АО «ДИНА ИНТЕРНЕТ»**Д. И. Черский, руководитель проектов**Россия, г. Москва, тел.: +7(961)187-05-65, e-mail: dich3236@mail.ru*

Постановка задачи. Производство монтажных работ инженерных систем представляет собой сложный и трудоёмкий процесс, требующий высокой квалификации и опыта специалистов, использования современных материалов, а также специализированных приспособлений и устройств.

Результаты. Соблюдение указанных требований обеспечивает нормативный срок службы инженерных систем без возникновения аварийных или нестандартных ситуаций. Применение некачественных изделий, оборудования и материалов, напротив, приводит к аварийным ситуациям уже в первые годы эксплуатации.

Выводы. При нормативном содержании кислорода в воде коррозия металла трубопроводов тепловой сети протекает в области активного равномерного растворения с кислородной деполаризацией. Выявленные нарушения снизили нормативный срок службы системы отопления в целом.

Ключевые слова: система отопления, дефекты, срок службы, отопительный прибор, коррозия, материал.

Введение. Системы отопления являются неотъемлемой частью зданий общественного, жилого и промышленного назначения, учитывая климатические особенности России. Их стабильная работа зависит не только от гидравлической устойчивости системы в целом, но и от качества исполнения, материалов, условий эксплуатации и ряда других косвенных факторов. Для анализа работоспособности системы необходимо провести текущий осмотр путем визуализации возможных дефектов с последующим их анализом. При этом строительно-монтажные работы при их исполнении будут едва ли не доминирующими.

1. Визуальный осмотр и анализ системы отопления. Для проверки работоспособности системы отопления, смонтированной в 2022 году, проведён комплекс работ по оценке её технического состояния.

Большинство недостатков выявляется при внешнем осмотре отдельных узлов и элементов. Установлено, что на концах подводов к отопительным приборам имеется

соединительная резьба, на которую для герметизации намотаны льняные волокна (пакля) с нарушением ряда монтажных требований [1]:

- льняные волокна на резьбовых соединениях скручены жгутами;
- на льняных волокнах не имеется следов сантехнической пасты, в соответствии с [1]: льняная пакля должна быть пропитана свинцовым суриком или белилами, замешанными на натуральной олифе, или специальными уплотняющими пастами-герметиками;
- концы волокон должны удаляться после завершения соединения; на представленных отопительных приборах намотка льняных волокон выступает за уровень соединения, где она окрашена серым цветом, что нарушает эстетические требования.

Пакля традиционно применяется для герметизации устаревших коммуникаций, имеющих значительные коррозионные повреждения. Ее использование не допускается на оборудовании, работающем в условиях высокого давления, на сгонах тонкостенного исполнения, пластике и материалах с глянцевой поверхностью [1]. Для нового отопительного оборудования рекомендуется использовать стандартную ФУМ-ленту, которая пригодна для эксплуатации в диапазоне температур от минус 70 °С до плюс 250 °С, выдерживает давление до 100 атм, обладает антикоррозионными свойствами и устойчивостью к химическим воздействиям, не требует дополнительных герметизирующих средств.

На рис. 1 представлены дефекты сварных соединений согнутого фрагмента трубы конвектора, выявленные согласно [2]: наплывы, подрезы, непроплавление.

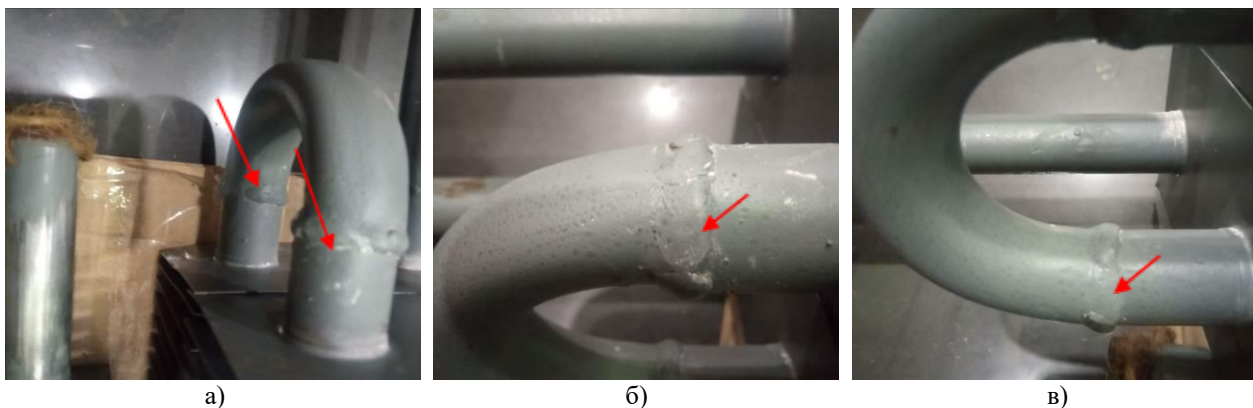


Рис. 1. Дефекты сварных соединений: а – наплывы; б – непроплавление; в – подрезы

Анализируемые отопительные приборы имеют множественные механические деформации оребрения различной направленности локализации (рис.2).



Рис. 2. Механические повреждения оребрения отопительных приборов (конвекторов)

Указанные деформации возникли вследствие механического воздействия, превышающего прочностные показатели металла оребрения в периоды транспортировки и монтажа (см. рис. 2а).

На отопительных приборах также выявлены нарушения декоративно-защитного лакокрасочного покрытия (ЛКП): механические деформации оребрения с отслоением фрагментов ЛКП на плоской части пластин, направленные задиры и царапины, сопровождающиеся разрушением ЛКП и поверхностного слоя металла (см. рис. 2б).

На отдельных участках отопительных приборов имеется очаговая коррозия металла, представленная на рис. 3.

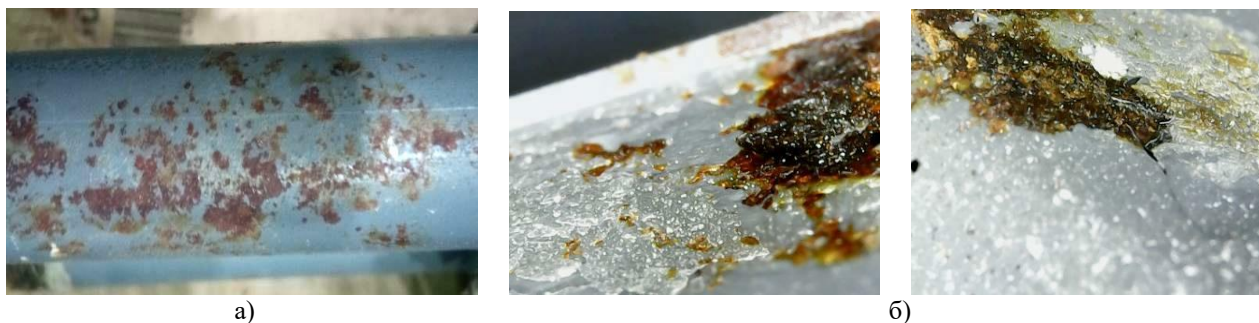


Рис. 3. Очаговая коррозия металла на отопительных приборах: а – участки с отсутствием ЛКП; б – вздутия ЛКП в виде очагов различных размеров вследствие образования оксидов на поверхности металла

В местах крепления ребра к трубе наблюдаются потеки ржавчины (оксиды железа с водой), что свидетельствует о нарушении целостности отопительных приборов (рис. 4).



Рис. 4. Потеки ржавчины на отопительных приборах

При внешнем осмотре и микроскопическом исследовании декоративно-защитного покрытия установлено, что слой ЛКП неравномерен, имеет дефекты в виде нарушения сплошности, перекрытия (рис.5а), а также дефекты, связанные с нарушением технологических процессов нанесения согласно [3] (рис. 5б). Декоративно-защитные покрытия конвекторов должны соответствовать показателям качества: стойкости (термо- и водостойкости), долговечности, сроку службы.

2. Анализ внутренних полостей. При осмотре внутренней поверхности трубопроводов отопительных приборов установлено наличие наростов продуктов коррозии, вся поверхность покрыта слоем оксидов железа рыжего, темно-бурого и серо-бурого цветов (рис. 6). Наблюдаются рыхлые бугристые отложения, участки с отслоением пластин серо-бурого цвета или плотный оксидный слой серого цвета.



Рис. 5. Дефекты ЛКП отопительного прибора: а – в виде нарушения сплошности окрашивания; б – связанные с нарушением технологического процесса нанесения лакокрасочного покрытия

Коррозионное разрушение труб под рыхлой ржавчиной носит объемно-кристаллический характер, т.е. разрушение протекало относительно равномерно, что привело к образованию обширных участков рельефной поврежденной поверхности.

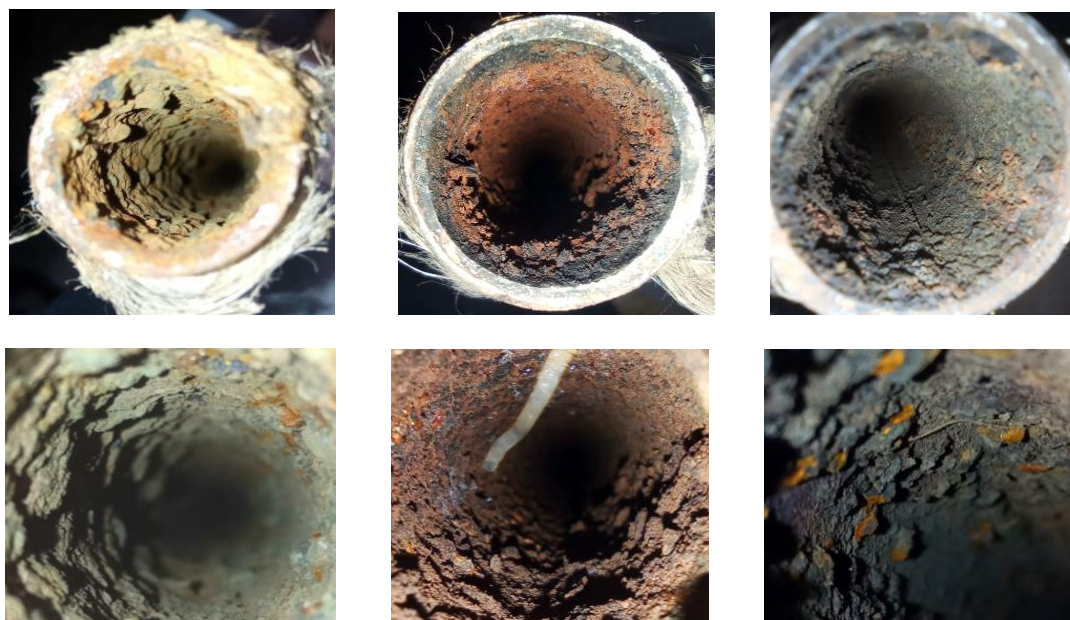


Рис. 6. Внутренняя поверхность отопительных приборов

Продукты коррозии имеют различную структуру. На участках с серо-бурым бугристым характером коррозионных образований поверхность труб имеет язвенный тип коррозии (рис. 7).

Расположение коррозионных образований может быть связано как с зоной термического влияния сварки, так и с наличием окалины, имеющей поры и микротрещины, через которые вода с растворённым кислородом проникает внутрь металла. Наличие на внутренней поверхности труб полос окислов с различной защитной способностью обусловлено технологическим процессом производства труб и во многом определяет зарождение и развитие язвенной коррозии металла в эксплуатационных условиях тепловой сети.

Язвенная коррозия характерна для углеродистой и низкоуглеродистой стали при эксплуатации металлических конструкций в жидких средах. В атмосферных условиях она чаще всего связана с неблагоприятной структурой металла – повышенным содержанием

неметаллических включений, в первую очередь сульфидов с высоким содержанием марганца. Язвенная коррозия обычно сопровождается образованием толстых слоёв продуктов коррозии, покрывающих поверхность металла вокруг отдельных крупных язв, поражающих металл на значительную глубину на ограниченной площади.

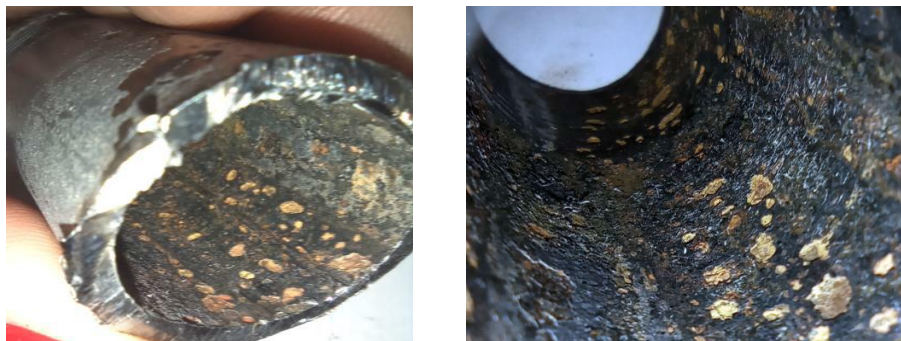


Рис. 7. Внутренняя поверхность трубопроводов, подвергнутых коррозионному разрушению

Для элементов конструкций из тонкостенных труб язвенная коррозия со временем приводит к образованию сквозных отверстий в стенках толщиной до нескольких миллиметров. Язвы являются острыми концентраторами напряжений и могут выступать инициаторами зарождения усталостных трещин и хрупких разрушений.

Согласно [1], трубопроводы внутренних систем теплоснабжения должны выполняться из стальных, медных, латунных или термостойких полимерных (в том числе металлополимерных) труб. Применение полимерных труб не допускается в системах с элеваторным присоединением и без мероприятий, исключающих механические, термические повреждения и УФ-воздействие [1]. Кислородопроницаемость полимерных труб, используемых совместно с металлическими элементами, ограничена $0,1 \text{ г}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$ [3].

На рассматриваемом объекте использовались пластиковые трубопроводы, армированные стекловолокном, с минимизированным линейным расширением. Однако их кислородопроницаемость составляет $0,9 \text{ г}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$, что в 9 раз превышает требования. Данное превышение ограничивает применение этого типа труб в системах отопления: кислород, постепенно проникая через стенки труб, насыщает теплоноситель, накапливается в труднодоступных участках и инициирует коррозию стальных элементов. При нормативном содержании кислорода в воде коррозия металла трубопроводов тепловой сети протекает, как правило, в области активного равномерного растворения с кислородной деполяризацией.

Выводы. По результатам осмотра и анализа системы отопления сделано заключение, что дефекты, допущенные при производстве отопительных приборов, способствовали развитию коррозии. Тип трубопроводов системы отопления, использованных при монтаже, привёл к активной коррозии отопительных приборов вследствие высокого показателя кислородопроницаемости. Выявленные нарушения значительно снизили нормативный срок службы системы отопления в целом.

Библиографический список

1. СП 73.13330.2016. Внутренние санитарно-технические системы зданий. Актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85. Введ. 2017-06-17. М.: Минстрой России, 2016. 64 с.
 2. ГОСТ Р 59496-2021. Трубы стальные сварные для систем отопления и теплоснабжения. Технические условия. Введ. 2022-01-01. М.: Стандартинформ, 2021. 28 с.
 3. ГОСТ 9.072-2017. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрyтия лакокрасочные. Термины и определения. Введ. 2019-01-01. М.: Стандартинформ, 2018. 12 с.
- Для цитирования: Мерщев А.А., Лобанов Д.В., Черский Д.И. Анализ дефектов отопительного прибора в процессе эксплуатации системы отопления // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2026. №2(43). С. 41–45.

УДК 621.18

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

А. А. Панышева, А. М. Максименков, У. Г. Серикова, Н. А. Петрикеева

*Воронежский государственный технический университет**А. А. Панышева, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел. +7(980)541-06-88, e-mail: 24nasa99@mail.ru**А. М. Максименков, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел. +7(905)215-20-21, e-mail: maksimenkov.87@mail.ru**У. Г. Серикова, студент строительного-политехнического колледжа**Россия, г. Воронеж, тел. +7(980)2328717, e-mail: serikiva.uliana15@gmail.com**Н. А. Петрикеева, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(952)101-72-96, e-mail: petrikeeva.nat@yandex.ru*

Постановка задачи. В статье проводится комплексный сравнительный анализ эксплуатационных характеристик отечественного и зарубежного оборудования, применяемого в ключевых звеньях теплоэнергетических систем (паровые и водогрейные котлы, паровые и газовые турбины, теплообменники, насосы, системы автоматики).

Результаты. На основе анализа технических параметров (КПД, удельный расход топлива, мощность/производительность), показателей надежности (наработка на отказ, срок службы, ремонтпригодность), экономических факторов (капитальные и эксплуатационные затраты, стоимость владения) и экологических аспектов (выбросы NO_x , SO_x , CO) выявлены сильные и слабые стороны обоих направлений.

Выводы. Установлено, что зарубежное оборудование, как правило, демонстрирует более высокие показатели энергоэффективности и экологичности, в то время как отечественное отличается повышенной ремонтпригодностью, адаптацией к сложным условиям эксплуатации и часто более низкими капитальными затратами. В условиях импортозамещения сделан вывод о необходимости стратегического развития отечественных технологий с акцентом на повышение КПД, внедрение цифровых решений и ужесточение экологических стандартов при сохранении традиционных преимуществ.

Ключевые слова: оборудование, импортозамещение, эффективность, комплексный анализ, преимущества, эксплуатация.

Введение. Теплоэнергетика является фундаментом энергосистемы большинства стран, обеспечивая производство электроэнергии и тепла для промышленности, коммунально-бытового сектора и транспорта. Эффективность, надежность и экологичность работы теплоэнергетических систем (ТЭС, котельные, ТЭЦ) напрямую зависят от качества используемого оборудования. На российском и постсоветском пространстве исторически эксплуатируется значительный парк отечественного оборудования, проектировавшегося с учетом специфики местных топлив, климатических условий и производственной базы. Однако в последние десятилетия активно внедряется и зарубежное оборудование, позиционируемое как более эффективное и современное.

В условиях глобализации рынка, ужесточения экологических норм и текущей необходимости импортозамещения, проведение объективного сравнительного анализа отечественных и зарубежных образцов оборудования для теплоэнергетики приобретает особую актуальность [1]. Такой анализ необходим для:

1. Обоснованного выбора оборудования при проектировании новых и модернизации существующих объектов.
2. Разработки стратегий развития отечественного машиностроения в теплоэнергетическом секторе.
3. Оценки реального технологического отрыва зарубежных производителей и определения направлений для сотрудничества или локализации.
4. Повышения конкурентоспособности и эффективности российской теплоэнергетики.

Целью данной работы является проведение комплексного сравнительного анализа эксплуатационных характеристик (эффективность, надежность, экология и пр.) основного отечественного и зарубежного оборудования, применяемого в теплоэнергетических системах, и выработка рекомендаций на основе выявленных тенденций.

1. Методология сравнительного анализа. Сравнительный анализ проводился по следующим основным типам оборудования:

- Котлы: паровые (газозапутные, угольные, энергетические, промышленные); водогрейные (газовые, угольные, большой мощности).
- Турбины: паровые (конденсационные, теплофикационные, с противодавлением, для различных параметров пара); газовые (стационарные ГТУ разной мощности).
- Теплообменное оборудование: парогенераторы, подогреватели сетевой воды (ПСВ), подогреватели высокого и низкого давления (ПВД, ПНД), конденсаторы.
- Насосное оборудование: сетевые, питательные, циркуляционные, конденсатные насосы.
- Системы автоматики и управления (АСУ ТП): системы управления котлом, турбиной, общестанционные.

Для каждого типа оборудования сравнивались следующие группы показателей:

1. Техничко-экономические: номинальная мощность/производительность; КПД (брутто, нетто) при номинальной и частичных нагрузках; удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии (турбины) или тепла (котлы); удельный расход электроэнергии на собственные нужды; диапазон устойчивой работы (минимум нагрузки); гибкость (скорость набора/сброса нагрузки).
2. Надежность и эксплуатация: наработка на отказ (межремонтный период); срок службы до капитального ремонта (ресурс); ремонтпригодность (доступность узлов, наличие ЗИП, квалификация персонала); адаптация к качеству топлива (зольность угля, колебания состава газа) и охлаждающей воды; устойчивость к перегрузкам и нештатным режимам; требования к эксплуатационному персоналу.
3. Экономические: капитальные затраты (стоимость оборудования, монтажа, строительной части); эксплуатационные затраты (стоимость ремонтов, обслуживания, ЗИП); стоимость владения (LCC – Life Cycle Cost) за расчетный период (20–25 лет); доступность финансирования и сервисной поддержки.
4. Экологические: удельные выбросы вредных веществ (NO_x , SO_x , CO , твердые частицы – для угля); эффективность систем очистки дымовых газов (если интегрированы); шумовые характеристики.
5. Технологические и конструктивные особенности: применяемые материалы; уровень цифровизации и автоматизации; степень блочности и заводской готовности; совместимость с существующей инфраструктурой.

2. Сравнительный анализ оборудования. Рассмотрим и проанализируем заявленное выше оборудование. Источниками для анализа данных послужили технические каталоги и паспорта производителей, отчеты о испытаниях оборудования, данные эксплуатации с крупных ТЭС и котельных, отраслевые обзоры, научные публикации, экспертные оценки [2].

Паровые и водогрейные котлы.

Отечественное оборудование (ЭМАльянс, ЗиО-Подольск, БКЗ, БИКЗ и др.).

Зарубежное оборудование (Siemens Energy, GE Steam Power, Doosan Škoda Power, Mitsubishi Power, B&W, Alstom и др.).

Результат анализа представлен в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ отечественных и зарубежных
моделей котлов

№№ п/п	Параметр сравнения	Отечественное производство	Зарубежное производство
1	2	3	4
1	Надежность и ремонтпригодность	<i>Конструктивная простота, доступность узлов для ремонта, большой опыт эксплуатации в сложных условиях (колебания нагрузки, неидеальное топливо). Использование толстостенных труб, устойчивых к абразивному износу (актуально для угольных котлов) *.</i>	Может быть ниже при длительных перегрузках или работе на нерасчетных режимах. Сложность конструкции может затруднять ремонт.
2	Адаптация к топливу	<i>Хорошо приспособлены для сжигания широкой гаммы углей, включая высокозольные и низкокалорийные, а также мазута. Топки с твердым шлакоудалением (ТШУ) для сложных углей.</i>	Может требоваться более строгое соблюдение параметров топлива (особенно угля – зольность, влажность, фракционный состав) и качества воды. Не всегда оптимальны для российских низкокачественных углей без значительной доработки.
3	Стоимость	<i>Значительно (часто на 20–40 %) ниже капитальные затраты.</i>	Значительно более высокие капитальные затраты на оборудование и монтаж.
4	ЗИП и сервис	<i>Широкая сеть сервисных организаций, доступность запчастей внутри страны.</i>	Зависимость от поставок оригинальных запчастей и сервисной поддержки зарубежного производителя (особенно актуально в текущих условиях). Высокая стоимость ЗИП и сервиса.
5	КПД	В среднем на 2–7 % ниже, чем у современных зарубежных аналогов. Причины: менее совершенные системы горения, тепловой изоляции, рекуперации тепла уходящих газов (ВЭУ).	<i>Более высокий КПД. Достигается за счет оптимизированных топочных камер, низкотемпературных экономайзеров, эффективных ВЭУ, совершенных горелочных устройств (Low-NO_x), минимизации потерь.</i>
6	Экологичность	Базовые уровни выбросов NO _x , SO _x существенно выше. Достижение современных нормативов требует дорогостоящей установки дополнительного газоочистного оборудования (SCR, SNCR, ЭФ, ДДГ).	<i>Очень низкие базовые выбросы NO_x благодаря передовым технологиям сжигания (стадийное горение, FGR - рециркуляция дымовых газов). Легче интегрируются с системами доочистки. Соответствие строгим европейским и американским нормам.</i>
7	Автоматизация	Уровень АСУ ТП и диагностики часто уступает. Меньше встроенных систем оптимизации горения и мониторинга в реальном времени.	<i>Высокоразвитые АСУ ТП с системами оптимизации режима горения, развитой диагностикой и предиктивным обслуживанием.</i>
8	Маневренность	Скорость изменения нагрузки может быть ниже, особенно у крупных энергетических котлов.	<i>Лучшая приспособленность к работе в переменных нагрузках, быстрый пуск/останов.</i>

продолжение табл. 1

1	2	3	4
9	Компактность и блочность	Модели различной компактности.	<i>Часто более компактные решения, высокая степень заводской готовности модулей.</i>

**Примечание: курсивом выделены преимущественные свойства оборудования.*

Выводы по котлам: отечественные котлы выигрывают в стоимости, ремонтпригодности и адаптации к сложным топливам/режимам, но проигрывают в эффективности и экологичности. Зарубежные – лидеры по КПД и чистоте выбросов, но требуют больших инвестиций и чувствительны к условиям эксплуатации [3, 4].

Паровые турбины.

Отечественное оборудование (силовые машины ЛМЗ, Калужский турбинный завод, УТЗ и др.).

Зарубежное оборудование (Siemens Energy, GE Steam Power, Doosan Škoda Power, Mitsubishi Power, Toshiba, Ansaldo и пр.).

Результат анализа представлен в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ отечественных и зарубежных моделей паровых турбин

№№ п/п	Параметр сравнения	Отечественное производство	Зарубежное производство
1	2	3	4
1	Надежность и ремонтпригодность	<i>Проверенные временем конструкции, огромный накопленный ресурс эксплуатации. Высокая прочность роторов и корпусов, устойчивость к эрозии на последних ступенях. Большой межремонтный ресурс. Возможность капитального ремонта силами отечественных энергоремонтных предприятий*.</i>	Сложность и высокая точность изготовления узлов требуют специального оборудования и высокой квалификации ремонтников.
2	Адаптация к параметрам пара	<i>Исторически рассчитаны на стандартные параметры пара советских/российских ТЭС. Устойчивы к колебаниям параметров.</i>	Могут требовать более строгого соблюдения параметров пара (температура, давление, чистота). Интеграция в существующие системы с устаревшей автоматикой может быть сложной и дорогой.
3	Стоимость	<i>Капитальные затраты ниже зарубежных аналогов. Стоимость ремонтов также ниже.</i>	Значительно более высокая цена как самого оборудования, так и монтажа, наладки.
4	ЗИП и сервис	<i>Доступность технологий восстановления лопаток, дисков, уплотнений.</i>	Сильная зависимость от производителя в поставках ЗИП и проведении сложных ремонтов. Очень высокая стоимость оригинальных запчастей.
5	КПД	Устаревшая аэродинамика проточной части (особенно у турбин старших поколений), менее совершенные системы уплотнений (больше протечек пара), приводят к более высоким удельным расходам тепла на выработку электроэнергии (на 5–15 %).	<i>Высокий КПД. Применение трехмерного проектирования лопаток (3D-профили), оптимизированных сопловых аппаратов, эффективных лабиринтовых и бесконтактных уплотнений (например, щеточные), совершенных систем регенерации. Минимизация внутренних потерь.</i>

продолжение табл.2

1	2	3	4
6	Экологичность, шум и вибрация	Уровни могут быть выше, чем у современных зарубежных турбин.	
7	Автоматизация	Системы регулирования и защиты (PCY) могут уступать в точности, функциональности и интеграции с АСУ ТП станции.	<i>Продвинутые цифровые системы управления (типа Siemens T3000, GE Mark VIe), обеспечивающие точное регулирование, диагностику, оптимизацию режимов.</i>
8	Маневренность	Конструкция часто менее приспособлена к частым пускам/остановам и глубокому регулированию мощности. Больше тепловые напряжения при переменных режимах.	<i>Специальные конструкции роторов и корпусов, материалы, рассчитанные на термциклирование, системы быстрого пуска и останова. Хорошо приспособлены для работы в качестве пиковых или в условиях ВИЭ.</i>
9	Компактность и блочность	Модели различной компактности.	<i>Зачастую более компактные и легкие конструкции при той же мощности.</i>

*Примечание: курсивом выделены преимущественные свойства оборудования.

Выводы по паровым турбинам: отечественные турбины – эталон надежности и ремонтпригодности в стандартных условиях, но с более низким КПД. Зарубежные – лидеры по эффективности и гибкости, но требуют больших инвестиций и создают риски зависимости от поставщика в обслуживании [5].

Газовые турбины (ГТУ).

Отечественное оборудование (ОДК – Пермские моторы, НПО Сатурн, Рыбинские моторы – проекты ГТД-110М, ГТЭ-65/170, ГТЭ-16/17 и др.).

Зарубежное оборудование (Siemens Energy (SGT5/6/7/8-9000HL), GE Vernova (7НА, 9НА), Mitsubishi Power (M701JAC, M501JAC)).

Результат анализа представлен в таблице 3.

Таблица 3

Сравнительный анализ отечественных и зарубежных моделей газовых турбин

№№ п/п	Параметр сравнения	Отечественное производство	Зарубежное производство
1	2	3	4
1	Надежность и ремонтпригодность	Требуется подтверждение в ходе длительной эксплуатации. Показатели наработки на отказ и межремонтного ресурса пока уступают.	<i>Отработанные конструкции с подтвержденными длительными межремонтными ресурсами.</i>
2	Адаптация к параметрам газа	<i>Проектируются с учетом российских условий (климат, качество газа, хотя чувствительность остается высокой).</i>	Высокие требования к чистоте топливного газа и воздуха. Чувствительность к условиям окружающей среды (температура, давление).
3	Стоимость	<i>Ожидается, что при серийном производстве капитальные затраты будут ниже зарубежных аналогов.</i>	Очень высокие капитальные затраты.
4	ЗИП и сервис	<i>Перспектива создания полноценной отечественной сервисной сети.</i>	Критическая зависимость от поставок производителя (особенно турбомашин и САУ) и сервиса. Санкционные риски блокируют доступ. Экстремально высокая стоимость ЗИП и ремонтов.

продолжение табл. 3

1	2	3	4
5	КПД	Значительно ниже (на 8–15 % абсолютных пунктов для сравнимых классов мощности), чем у современных зарубежных ГТУ класса F, G, H, J. Выше удельный расход топлива.	<i>Высокий КПД. Современные установки класса H/J достигают КПД цикла Брайтона >40 %, а в составе ПГУ >63 %. Использование передовых охлаждаемых лопаток, керамических покрытий, высоких температур газа перед турбиной (1600 °C и выше).</i>
6	Экологичность, шум и вибрация	Уровни выбросов NO_x на базовых установках выше. Системы сухого низкоэмиссионного горения (DLN/DLE) находятся в стадии внедрения.	<i>Очень низкие выбросы NO_x и CO благодаря системам DLN/DLE.</i>
7	Автоматизация	–	<i>Продвинутое управление и мониторинг состояния.</i>
8	Развитие в условиях импортозамещения	<i>Активные разработки и испытания новых моделей. Государственная поддержка.</i>	–
9	Технологический уровень	Значительное отставание по основным параметрам (КПД, удельная мощность) от лидеров рынка (особенно в классе более 100 МВт). Ограниченный опыт серийного производства и длительной эксплуатации современных моделей большой мощности.	<i>Высокая мощность при компактных размерах.</i>
10	Модельный ряд	Ограничен по мощности и типам (особенно нехватка мощных (более 300 МВт) и высокоэффективных установок для парогазовых циклов).	<i>Широчайший выбор по мощности (от единиц до 600+ МВт) и назначению (энергетические, приводные, для ПГУ).</i>

Выводы по ГТУ: в сегменте газовых турбин наблюдается наиболее значительный технологический разрыв. Зарубежные ГТУ – безусловные лидеры по эффективности и технологическому уровню [6], но их доступность для России сейчас крайне ограничена. Отечественные разработки находятся на стадии активного развития и испытаний, но требуют времени и инвестиций для достижения конкурентоспособности по основным показателям.

Теплообменное оборудование (ПВД, ПНД, ПСВ, конденсаторы).

Отечественное оборудование (традиционные кожухотрубные конструкции, надежные, ремонтпригодные, но часто более металлоемкие и с несколько худшими теплотехническими характеристиками из-за менее совершенных профилей труб и компоновки [7]. Производители – заводы энергетического машиностроения (ЗиО, БЗЭМ и др.), специализированные предприятия).

Зарубежное оборудование (широкое применение высокоэффективных труб (с оребрением, специальными покрытиями), компактных пластинчато-ребристых теплообменников (для маслоохладителей, воздушного охлаждения), оптимизированных схем компоновки. Лучшие показатели теплопередачи и компактности. Производители – Alfa Laval, Kelvion (бывш. GEA), SPX Flow, API Heat Transfer и др.).

Выводы: зарубежные теплообменники часто превосходят по КПД теплопередачи и компактности, но значительно дороже и сложнее в ремонте (особенно пластинчатые); отечественные – более неприхотливы, проще в обслуживании и дешевле.

Насосы (сетевые, питательные, циркуляционные).

Отечественное оборудование (надежные, с большим запасом прочности, ремонтпригодные (ЦНС, ПЭ, КсВ и др.).

Часто имеют более низкий КПД гидравлической части и электродвигателя. Производители – Ливгидромаш, Насосэнергомаш, Курганский насосный завод и др.).

Зарубежное оборудование (высокоэффективные гидравлические профили, применение частотно-регулируемых приводов (ЧРП) как опция, высокий КПД двигателей. Широкий модельный ряд. Производители – Sulzer, KSB, Grundfos, Wilo, Flowserve).

Выводы: зарубежные насосы с ЧРП обеспечивают значительную экономию электроэнергии на собственные нужды, особенно при переменных нагрузках; отечественные – выигрывают в цене, доступности запчастей и простоте ремонта. Надежность сопоставима.

Системы автоматики и управления (АСУ ТП).

Отечественное оборудование (развиваются системы на базе отечественных компонентов (например, ОС РАДИКС, КОНТАР, КВИТОК, платформы Росэлектроники). Акцент на импортозамещение и безопасность. Могут уступать в функциональной полноте, скорости обработки, удобстве интерфейсов и интеграции с разнородным оборудованием по сравнению с лучшими западными аналогами. Сильная сторона – адаптация к работе с устаревшим оборудованием станций).

Зарубежное оборудование (лидеры – Siemens (T3000, SPPA-T3000), Emerson (Ovation), GE (Mark VIe), ABB, Honeywell. Обладают высочайшей производительностью, развитыми функциями оптимизации, предиктивной аналитики, удобными SCADA/HMI интерфейсами, отличными средствами диагностики и интеграции. Стандартизация (IEC 61131, 61850)).

Выводы: зарубежные АСУ ТП – технологические лидеры, обеспечивающие максимальную эффективность и безопасность управления сложными объектами; отечественные системы – стратегически важное направление для обеспечения независимости и безопасности критической инфраструктуры, быстро развивающееся, но пока не достигшее паритета по всем параметрам. Ключевой вызов – создание конкурентоспособной отечественной элементной базы.

3. Итоговая оценка по ключевым критериям. Подведем общий итог, опираясь на вышесказанное.

Отечественное оборудование.

- Энергетическая эффективность (КПД, удельный расход) обычно ниже (на 2–15 % в зависимости от типа).

- Экологические показатели по базовым выбросам выше.
- Надежность (ресурс, наработка) очень высокая, проверенная в тяжелых условиях.
- Ремонтпригодность высокая, развитая сеть ремонтных заводов, достаточность ЗИП.
- Адаптация к сложным условиям хорошая, особенно к колебаниям нагрузки и качеству топлива.

- Капитальные затраты общие значительно ниже (20–50 %).

- Эксплуатационные затраты ниже за счет стоимости ремонтов и базового сервиса.

- Уровень автоматизации отстает, но активно развивается.

- Доступность и государственная поддержка (в РФ).

Зарубежное оборудование.

- Энергетическая эффективность (КПД, удельный расход) значительно выше, особенно для ГТУ и котлов.

- Экологические показатели высокие, низкие базовые выбросы.

- Надежность (ресурс, наработка) высокая, но может снижаться при отклонениях при несовместимости с топливом.

- Чувствительно к соблюдению проектных условий.

- Ремонтпригодность сложная, зависимость от производителя, дорогой ЗИП.

- Капитальные затраты значительно выше.
- Эксплуатационные затраты высокие за счет стоимости сервиса, ЗИП, ремонтов.
- Уровень автоматизации очень высокий по функционалу, диагностике, оптимизации.

4. Факторы, влияющие на выбор оборудования. Рассмотрим некоторые факторы, являющиеся преобладающими. Выбор между отечественным и зарубежным оборудованием является комплексным и зависит от следующего:

1. Задачи проекта. Строительство новой ТЭС/котельной или модернизация существующей? Требуется ли максимальная эффективность или надежность при ограниченном бюджете. Номинальная или пиковая нагрузка.

2. Бюджет. Наличие и объем инвестиций. Важность минимизации долгосрочной экономии за счет ремонта, запчастей и топлива.

3. Топливо. Тип и качество используемого топлива (газ, уголь, мазут; параметры топлива). Отечественное оборудование часто предпочтительнее для сложных углей.

4. Экологические требования. Строгость местных нормативов по выбросам. Зарубежное оборудование изначально лучше соответствует жестким нормам.

5. Требования к режиму работы. Необходимость частых пусков/остановов, работы на переменной нагрузке (маневренность). Зарубежные ГТУ и котлы обычно работают гибче.

6. Сроки реализации. Доступность оборудования на рынке. Риски срыва сроков поставок из-за санкций для зарубежного.

7. Сервисная поддержка. Гарантированная доступность сервиса, инженеров, запчастей в течение всего жизненного цикла. В текущих условиях – ключевой аргумент в пользу отечественного.

8. Политика импортозамещения. Государственные требования и программы поддержки отечественных производителей.

5. Перспективы развития отечественного оборудования. Проведенный сравнительный анализ позволяет сделать ряд выводов. Очевидно, что технологический разрыв существует по ключевым показателям энергоэффективности (особенно КПД ГТУ и котлов) и экологичности. Это результат многолетних интенсивных НИОКР и инвестиций западных компаний.

Отечественное оборудование сохраняет сильные позиции в надежности, ремонтпригодности, адаптации к сложным условиям эксплуатации (некачественное топливо, колебания нагрузки) и, что критически важно, в «стоимости» и «доступности» в условиях санкций. С точки зрения экономики и эффективности выбор неочевиден. В текущей геополитической ситуации срок окупаемости зарубежного оборудования для РФ становится непредсказуемым и высокорисковым. Санкции сделали недоступным или крайне рискованным использование критически важного зарубежного оборудования (особенно ГТУ, САУ). Развитие собственных технологий в теплоэнергетике стало вопросом национальной энергобезопасности.

Перспективными направлениями для развития отечественного теплоэнергетического машиностроения на данный момент можно считать [8]:

– повышение КПД (интенсификация НИОКР в области аэродинамики турбин (3D-лопатки), совершенствования котлов (оптимизация топков, ВЭУ, новые горелки Low-NOx), систем регенерации);

– «зеленая» повестка (ускоренная разработка и внедрение технологий глубокой очистки дымовых газов (SCR, SNCR, ЭФ) для действующих и новых котлов; развитие технологий сжигания водорода и его смесей в ГТУ и котлах);

– кооперация (привлечение технологий дружественных стран для локализации производства критически важных компонентов или совместной разработки);

– подготовка кадров (обучение персонала для работы с новыми технологиями);
– цифровизация и автоматика (создание конкурентоспособных отечественных АСУ ТП с элементами AI/ML для оптимизации режимов, предиктивного обслуживания, управления гибкостью. Развитие отечественной элементной базы).

Выводы. Сравнительный анализ работы отечественного и зарубежного оборудования в теплоэнергетике показал отсутствие однозначного лидера. Каждое направление обладает своими уникальными преимуществами и недостатками, обусловленными условиями эксплуатации, экономическими моделями и целевыми рынками. Зарубежное оборудование демонстрирует высочайшие показатели энергоэффективности и экологичности, а также продвинутый уровень автоматизации, что делает его привлекательным для проектов, где эти параметры являются ключевыми, а доступность и долгосрочная сервисная поддержка гарантированы. Однако его высокая стоимость, чувствительность к условиям эксплуатации и, что критично для России сегодня, «полная зависимость от недоступных поставок и сервиса», сводят на нет эти преимущества в большинстве реальных сценариев.

Отечественное оборудование, возможно, уступая по пиковым показателям эффективности, обладает неоспоримыми преимуществами в надежности, ремонтпригодности, адаптации к тяжелым условиям, существенно более низкой стоимости и, что самое главное сейчас, в полной доступности и независимости. Эти факторы делают его единственно реалистичным выбором для обеспечения устойчивости и безопасности российской теплоэнергетики в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

«Стратегическим путем» для российской теплоэнергетики является ускоренная модернизация и развитие отечественного машиностроительного комплекса с фокусом на преодоление технологического отставания по КПД и экологичности, активное внедрение цифровых решений, при сохранении и усилении традиционных конкурентных преимуществ – надежности, ремонтпригодности и адаптивности. Успех в этом направлении определит конкурентоспособность и устойчивость отечественной энергетики на десятилетия вперед.

Библиографический список

1. Проблемы и перспективы развития теплоэнергетики города Воронежа / П.В. Старцев, А.Н. Давыдов, Н.А. Петрикеева, Д.О. Бугаевский // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. № 3 (36). С. 16–23.
2. Ликвидация последствий аварий на объектах инженерных систем теплогазоснабжения / Н.В. Колосова, К.М. Сенькин, Ю.А. Соя, В.О. Бочаров // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. № 3(8). С. 44–50.
3. Петрикеева Н.А., Березкина Л.В., Колосов А.И. Зависимость концентрации оксидов азота от величины теплопотерь с уходящими дымовыми газами теплогенерирующих установок // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2010. № 2 (18). С. 121–125.
4. Петрикеева Н.А., Кузнецов С.Н. Экологический эффект при полном сгорании топлива в котельных установках // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2013. № 1 (29). С. 108–113.
5. Трухний А.Д., Ломако Е.В. Стационарные паровые турбины. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 88 с.
6. Катков М.А., Осипов С.Н. Газовые турбины и газотурбинные установки. М.: Инфра-Инженерия, 2018. 112 с.
7. Турбин В.С., Петрикеева Н.А. Методика технико-экономического обоснования схем теплогенерирующих установок с напорными теплоутилизаторами // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 6. С. 120–122.
8. Беленко И.В., Скляров К.А., Петрикеева Н.А. Надежность работы тепловых электрических станций // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 4 (29). С. 40–45.

Для цитирования: Сравнительный анализ работы отечественного и зарубежного оборудования в теплоэнергетических системах / АА. Панышева, А.М. Максименков, У.Г. Серикова, Н.А. Петрикеева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2026. №2 (43). С. 46–54.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.17

ВЛИЯНИЕ АБРАЗИВНЫХ ЧАСТИЦ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

С. А. Анциферов, Е. В. Чиркова, А. В. Седыкин

*Тольяттинский государственный университет**С. А. Анциферов, ст. преподаватель Центра инженерного оборудования**Россия, г. Тольятти, тел.: +7(8482) 44-90-46, e-mail: salan63@mail.ru**Е. В. Чиркова, доцент Центра инженерного оборудования**Россия, г. Тольятти, тел.: +7(8482) 44-90-47, e-mail: chirkovaev@mail.ru**А. В. Седыкин, директор ООО «АЛМОС+»**Россия, г. Тольятти, тел.: +7(927) 772-00-50, e-mail: Sedykinartem@bk.ru*

Постановка задачи. Выявить причины повреждения и протечки центробежного насоса с встроенным фильтром грубой очистки в системе водоснабжения плавательного бассейна. Рассмотреть возможные проблемы нарушения правил эксплуатации насосного оборудования.

Результаты. Проведённое исследование повреждений центробежного насоса показало, что причиной аварии стало попадание песка фракциями более 0,1 мм в рабочую зону насоса, и, как следствие, образование радиальных рисок на торцевом уплотнителе, потеря герметичности, просачивание воды на вал, его коррозия, и, в конечном итоге, нарушение балансировки рабочего колеса насоса. Для понимания причин описанных повреждений рассмотрены некоторые теоретические аспекты гидравлики центробежного насоса. Представлен порядок проведения исследования повреждений для возможности его применения при анализе других возможных поломок насосного оборудования.

Выводы. Для обеспечения длительной безаварийной эксплуатации насосов в системах водоснабжения плавательных бассейнов рекомендуется контролировать качество воды, особенно следить за наличием песка в открытых ёмкостях. При невозможности избежать засасывания песка крупной фракции требуется предусмотреть дополнительные способы фильтрации воды.

Ключевые слова: водоснабжение, центробежный насос, фильтрационные элементы, абразивы, повреждения, рабочее колесо, уплотнитель.

Введение. Технические неисправности насосного оборудования представляют собой довольно значимую проблему в эксплуатации промышленных и бытовых систем водоснабжения, а также в ряде других технологических процессов, связанных с перекачкой жидкостей. Распространенной и критически важной причиной неисправностей является попадание в насосы абразивных частиц, что ведет к ухудшению гидравлических характеристик, увеличению затрат на обслуживание и ремонт, а в некоторых случаях к полному выходу из строя и замене агрегата. Проблема усугубляется тем, что, вихревое движение потока в рабочей зоне насоса может разгонять твёрдые частицы до весьма больших скоростей, сообщая им кинетическую энергию, достаточную для критических повреждений внутренних поверхностей деталей насоса.

Системы предварительной очистки и фильтрации не всегда способны эффективно справляться с задачей отделения тонкодисперсных абразивных частиц, таких как микроскопические песчинки, пыль и другие загрязнители, которые часто образуют осадки в водоёмах или поступают из запылённого воздуха в открытые ёмкости. Присутствие таких частиц в перекачиваемой среде способствуют повреждению и ускоренному износу корпусов, рабочих колёс, торцевых уплотнителей [1].

Для обеспечения надёжной работы насосного оборудования необходимо углублённое изучение механизмов проникновения абразивных частиц через системы фильтрации и их воздействия на конструктивные элементы. В данной работе авторы делятся практическим опытом исследования причин выхода из строя насоса Kripsol S2-075M и дают рекомендации по предотвращению аварийных ситуаций в будущем.

1. Объект исследования. Объектом исследования является самовсасывающий насос Kripsol S2-075M (номинальный расход 13 м³/ч, напор 8 м вод. ст., мощность 0,79 кВт), предназначенный для перекачивания воды в системах плавательных бассейнов. Насос одноступенчатый с горизонтальным расположением вала и электрическим приводом, оснащён фильтром грубой очистки объёмом 1100 см³. Для нормальной работы насоса необходим постоянный приток перекачиваемой воды [2].

2. Исследование повреждений насоса. Насос исследовался с целью выявления причин протечки и повышения уровня шума. Внешний осмотр выявил следы протечки в нижней части, где соединяются корпус насоса и двигатель (рис. 1), место протечки характеризуется солевыми отложениями (карбонатами).

Следов механических повреждений (сколов, царапин, вмятин) на поверхностях насоса и двигателя нет. Затяжка болтов равномерная, без следов срывов или царапин, что указывает на отсутствие вскрытия с использованием непрофессиональных инструментов и нарушений правил эксплуатации.

В результате частичной разборки насоса и детального осмотра выявлен проблемный узел – торцевой уплотнитель. Последствиями протечки именно в этом месте стали коррозионное повреждение вала и точечная коррозия на корпусе двигателя (рис. 2). Попавшая в пространство между насосом и двигателем вода вытекала через дренажное отверстие, вокруг которого заметны отложения солей жёсткости.



Рис. 1. Общий вид насоса со следами протечки

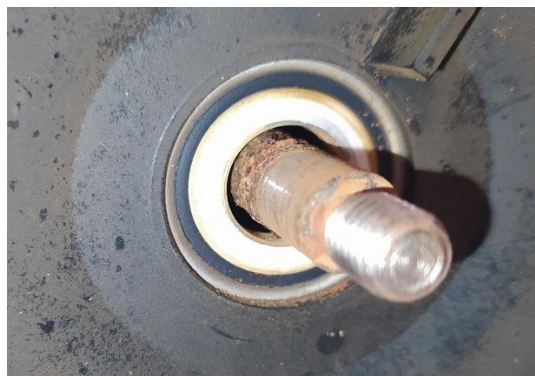


Рис. 2. Вал двигателя, повреждённый коррозией

Для установления причин образования протечки был разобран торцевой уплотнитель. На сопрягаемых поверхностях уплотнения обнаружены повреждения (рис. 3), которые более выражены на полимерной части, менее твёрдой по сравнению с керамической. Повреждения имеют характер спиральных борозд глубиной до 0,2 мм и шириной до 0,4 мм (рис. 4, указано

стрелками 1–3). Борозды распределены неравномерно в диаметральном направлении и имеют различный профиль.

На основании характера повреждений можно заключить, что причиной повреждения стали абразивные частицы (одна или несколько), попавшие между поверхностями торцевого уплотнителя. Такими частицами может быть песок, обнаруженный в предварительном фильтре и в корпусе насоса. Прочие детали торцевого уплотнителя (пружина, стальные кольца, резиновая манжета) находятся в исправном состоянии; следы износа, механических повреждений или теплового воздействия от трения (такие как потемнение металла, изменение механических свойств или растрескивание резины) отсутствуют [3].



Рис. 3. Торцевой уплотнитель

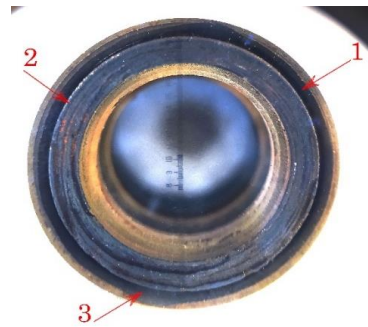


Рис. 4. Борозды на торцевом уплотнителе (полимерная часть)

Для определения причины неравномерного распределения борозд было проведено дополнительное исследование. При сборке насоса обнаружено, что рабочее колесо не перпендикулярно оси вращения. Переустановка и затяжка колеса на валу двигателя не привели к устранению перекаса. Для количественной оценки отклонений были выполнены замеры положения рабочего колеса. Установлено, что втулка, на которую устанавливается торцевой уплотнитель, имеет отклонение от круглой формы и приближается к эллиптической. Наружный диаметр втулки изменяется от 12,4 до 12,5 мм по перпендикулярным направлениям. Толщина стенки втулки варьируется от 1,1 до 1,3 мм. Рабочее колесо при вращении совершает колебания с амплитудой до 2 мм.

3. Теоретические аспекты гидравлики. Для понимания причин повреждения в корпусе насоса рассмотрены теоретические моменты [4, 5], а также предыдущий опыт авторов [6, 7].

Жидкость подводится к рабочему колесу центробежного насоса аксиально, т. е. в направлении оси вала, со скоростью v . В рабочем колесе направление струй жидкости изменяется от осевого до радиального, перпендикулярного оси вала, процесс сопровождается изменением вектора скорости (рис. 5).

В каналы рабочего колеса (т. е. в пространство между лопастями) жидкость поступает со скоростью v_1 , которая в каналах увеличивается и на выходе из колеса достигает значения v_2 (индексом «1» обозначаются скорости и углы на входе в рабочее колесо, а индексом «2» – на выходе из него).

В рабочем пространстве насоса частицы жидкости движутся по сложным траекториям, вращаясь вместе с колесом с окружной скоростью u , и перемещаются поступательно относительно поверхностей лопастей со скоростью w .

Таким образом, абсолютная скорость выражается через векторную сумму:

$$\vec{V} = \vec{u} + \vec{w}, \quad (1)$$

где $u = \omega \cdot r$ – окружная скорость частицы жидкости на расстоянии r от оси вращения, м/с; ω – угловая скорость рабочего колеса, рад/с; w – относительная скорость жидкости в межлопастном пространстве.

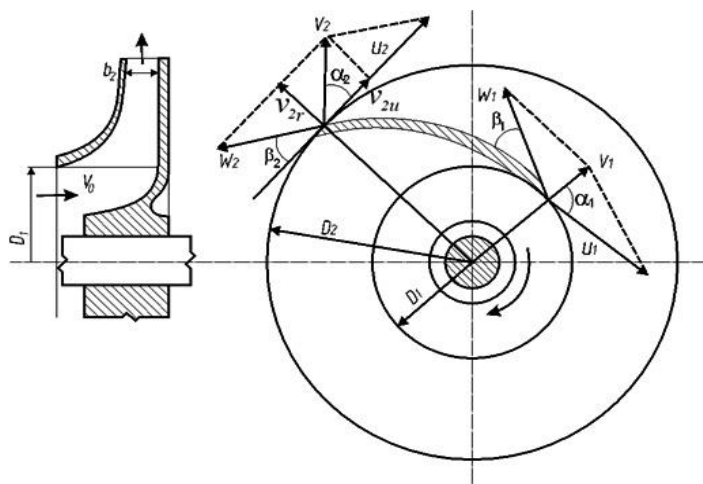


Рис. 5. Схема движения жидкости в рабочем колесе центробежного насоса

Для минимизации потерь напора из-за турбулентности жидкость должна поступать на лопатку рабочего колеса под углом α . В большинстве случаев лопатки делают не прямыми, а загнутыми назад, причем угол $\alpha_1 \approx 90^\circ$.

Выход жидкости с лопаток сопровождается изменением направления и скорости, что может вызвать ударные явления. Поэтому угол выхода α_2 в пределах от 10 до 15° для плавного перехода потока в неподвижную часть насоса.

При переходе жидкости из канала в корпус происходит значительное снижение скорости, вследствие чего кинетическая энергия движения жидкости превращается в потенциальную энергию давления, т. е. происходит превращение скорости в давление, необходимое для подачи жидкости на заданную высоту:

$$\Delta p = \frac{\rho v_2^2}{2}, \tag{2}$$

где ρ – плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³; v – скорость движения жидкости, м/с.

Это преобразование основано на уравнении Бернулли, модифицированном для вращающегося потока:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh = const, \tag{3}$$

где p – давление жидкости; g – ускорение свободного падения; h – высота подъема жидкости.

При переходе жидкости с лопаток рабочего колеса в неподвижный корпус возникают гидравлические удары, которые обуславливают большие потери напора, возрастающие со скоростью выхода жидкости из колеса. Для уменьшения потерь рабочее колесо снабжают направляющим аппаратом, который окружает рабочее колесо и имеет каналы примерно такой же формы, что и каналы рабочего колеса, но изгиб каналов направляющего аппарата имеет направление, обратное изгибу каналов рабочего колеса [8].

При вращении рабочего колеса возникает осевое усилие, которое является суммой двух сил: статической и динамической. Статическая сила $F_{стат}$, Па, возникает в результате асимметрии лопастного колеса при осевом подводе. Во время прохождения жидкости через

рабочее колесо возникает динамическое усилие $F_{дин}$, Па. Суммарное осевое $F_{ос}$, Па, усилие может быть представлено как

$$F_{ос} = F_{стат} + F_{дин}. \quad (4)$$

Наличие осевых усилий и вихревых потоков способствует миграции твёрдых частиц, например, песка из корпуса предварительного фильтра в зону действия рабочего колеса. При этом возможно попадание отдельных частиц в зону торцевого уплотнения, где они вызывают механическое изнашивание и повреждение уплотняющих поверхностей. Особенно опасны случаи, когда абразивные частицы попадают между неподвижной и вращающейся частями уплотнения, вызывая формирование спиральных борозд и снижение герметичности узла [9].

4. Характеристика абразивных частиц. По паспортным характеристикам, центробежный насос Kripsol S2-075M предназначен для перекачивания воды с содержанием взвешенных частиц максимальной концентрации 0,3 % размером не более 0,1 мм, из них абразивных частиц не более 2 %. Допускается перекачка соленой воды, содержащей не более 5 граммов соли на 1 литр.

При вскрытии предварительного фильтра, в нём обнаружены отложения конгломерата из окатанных песчинок (рис. 6). На рис. 7 видно, что размер песчинок в несколько раз превышает допустимый 0,1 мм.



Рис. 6. Отложения в корзине предварительного фильтра



Рис. 7. Песок из корпуса (цена деления шкалы 0,1 мм)

Попавшие в насосный агрегат песчинки по характерным признакам относятся к аллювиальным отложениям и содержат богатый набор различных фракций, обычно с зернами окатанной формы [10]. Как правило, эти пески являются кварцевыми, реже они состоят из зерен полевого шпата, кремния, слюды и других минералов. В среднем содержится около 60 % SiO_2 и 18 % $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$. Нередко наблюдается постепенное уменьшение предельной крупности зерен песков в отложениях, приуроченных к поверхностным водным потокам [10, 11]. Пойменные и дельтовые пески могут содержать значительное количество мелких и мельчайших фракций песка (ниже 0,15 мм), ила и глины.

Исследование материалов, вступивших в механическое взаимодействие, показало, что частицы песка имеют твёрдость по шкале Мооса – 7, керамическое уплотнительное кольцо – 9, полимерное кольцо – 5. Таким образом, причиной образования борозд на полимерной поверхности, которые привели к потере герметичности торцевого уплотнителя, явилось абразивное повреждение песчинками размером более 0,1 мм. Нарушение герметичности привело к коррозионному повреждению вала и утечке воды.

Выводы. Формирование вихревых потоков в рабочем колесе, а также наличие вибраций, вызванных конструктивными нарушениями (в том числе смещением оси колеса и эллиптической формой втулки), привели к перемещению и затягиванию твёрдых частиц в

зону уплотнения, а неравномерное прижимное усилие пружины ускорило развитие повреждений.

Производитель указывает, что эксплуатация насоса допустима с содержанием взвешенных частиц максимальной концентрации 0,3 % размером не более 0,1 мм, из них абразивных частиц не более 2 %. Превышение этих значений классифицируется как эксплуатационный дефект, связанный с несоблюдением условий использования и обслуживания.

Рекомендации. Для обеспечения длительной безаварийной работы насосного оборудования рекомендуется:

- обеспечивать регулярную очистку предварительного фильтра и контроль его состояния;
- использовать дополнительные ступени фильтрации при работе с открытыми водоёмами или в условиях высокой загрязнённости;
- проводить сервисное обслуживание, балансировку и проверку геометрии крыльчатки;
- обеспечить защиту торцевого уплотнения от абразивных включений (например, лабиринтные уплотнения или гидрозатворы);
- отслеживать вибрационные характеристики насоса в процессе эксплуатации.

Подводя итог, можно отметить, что комплексный подход, сочетающий соблюдение эксплуатационных норм и техническую доработку отдельных узлов, позволит существенно увеличить ресурс оборудования и снизить вероятность отказов.

Библиографический список

1. Худиковский В.Л., Петрикеева Н.А. Результаты экспериментальных исследований работоспособности фильтров очистки воды // Научно-технические проблемы систем теплогасоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения. Межвузовский сборник научных трудов. Воронеж, 2002. С. 119–122.
2. ГОСТ 6134 – 2007. Насосы динамические. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2008. 95 с.
3. Основные неисправности насосного оборудования [Электронный ресурс]. URL: <https://inner.su/articles/defekty-i-neispravnosti-nasosov-diagnostika-prichiny-metody-ustraneniya/?ysclid=mikmelot79900434885> (дата обращения: 15.12.2025).
4. Беленко И.В., Петрикеева Н.А. Распределение полей скоростей в теплообменных аппаратах // Научная опора Воронежской области: сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий. Воронеж, 2023. С. 263–266.
5. Бударин А.В. Метод расчёта движения жидкости. Одесса: Астропринт, 2006. 124 с.
6. Анциферов С.А., Алмаев А.Ю., Шобутолибов А.Ш. Влияние геометрии улитки насоса на параметры потока // Природопользование и устойчивое развитие регионов России: сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции, Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2021. С. 11–16.
7. Анциферов С.А. Построение экспериментальной гидравлической характеристики сети // Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья: сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции (заочной), Тольятти: Тольяттинский государственный университет. 2015. С. 87–94.
8. Насосы. Вентиляторы. Кондиционеры : Справочник. М.: Политехника, 2006. 824 с.
9. Сайриллинов С.Ш., Чернышова А.В. О причинах реконструкции трубопроводов водопроводных систем подачи и распределения воды // Природоресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: сборник статей IX международной научно-практической конференции. 2011. С. 98–102.
10. Шванов В.Н. Песчаные породы и методы их изучения. Л.: Недра, 1969. 248 с.
11. Antsiferov S.A., Chirkova E.V., Usmanova E.A. Development and testing of a steel regulating thermostatic valve // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2019. P. 698.

Для цитирования: Анциферов С.А., Чиркова Е.В., Седыкин А.В. Влияние абразивных частиц на эксплуатационные качества центробежного насоса // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2026. № 2 (43). С. 55–60.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 504.06

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТАРТАПОВ: ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ

И. А. Хабарова, Д. А. Хабаров

*Российский биотехнологический университет**И. А. Хабарова, канд. техн. наук., доц. кафедры управления бизнесом и сервисных технологий**Россия, г. Москва, тел.: +7(499)750-01-11, e-mail: irakhabarova@yandex.ru**Государственный университет управления**Д. А. Хабаров, ст. преподаватель кафедры управления в здравоохранении и индустрии спорта**Россия, г. Москва, тел.: +7(495)371-56-55, e-mail: khabarov177@yandex.ru*

Постановка задачи. С начала 2000-х годов экологическая агенда активно входит в мировой тренд, подчеркивая критическую важность перехода к зелёному строительству и экономике. Это осознание стимулировало увеличение количества экостартапов, стремящихся смягчить последствия климатического кризиса. В этот период активизация произошла в сферах cleantech, устойчивого развития и альтернативной энергетики. К настоящему времени, количество таких предприятий значительно увеличилось.

Результаты. Современные экологические стартапы привносят инновации в секторы энергоэффективности, экологичного транспорта, агротехнологий и зелёного строительства.

Выводы. Необходимо с детства формировать экологическую грамотность и осознанность через образовательные инициативы, воплощать стратегии устойчивого развития на государственном уровне и поддерживать развитие экономики, ориентированной на экологические стандарты и инновации.

Ключевые слова: экология, стартап, устойчивое развитие, инновации, технологии, перераспределение, ресурсы, экологический менеджмент.

Введение. Современная необходимость в разработке экологических инновационных стартапов определяется рядом ключевых аспектов. Это включает в себя ухудшение глобальной экологической обстановки, изменения климата и возрастающий интерес к экологически устойчивым практикам. Экологические стартапы становятся источником новаторских решений для минимизации негативного воздействия на природу, эффективного использования природных ресурсов и уменьшения углеродных выбросов, при строительстве. Они предлагают экологически безопасные альтернативы, спрос на которые стабильно растёт. Существенное расширение инноваций в областях, как возобновляемая энергетика, рециклинг отходов, разработка устойчивых материалов, создает предпосылки для широкомасштабного применения новых технологий экологическими стартапами, способствуя решению актуальных экологических вызовов и оптимизации распределения ресурсов [1, 2].

1. Основные направления роста экостартапов в РФ. Экологические стартапы, активно возникшие в ответ на экологический кризис и изменение ценностей в обществе, играют ключевую роль в трансформации традиционных подходов в бизнесе и производстве.

Ориентация на устойчивое развитие не только минимизирует вред окружающей среде, но и открывает экономические перспективы в новых сегментах рынка. Эти начинания не просто содействуют улучшению экологической обстановки, но также стимулируют экономическое развитие. В долгосрочной перспективе экологические стартапы способствуют созданию рабочих мест, развитию новых экономических направлений и повышению экологической осведомленности общества.

В Российской Федерации отмечается возрастающий интерес к разработке экологических стартапов, несмотря на наличие значительных препятствий и ограничений. Эти начинания способствуют внедрению инновационных экотехнологий в разнообразные сферы экономической деятельности, что делает их критически значимыми для устойчивого развития страны [3, 4].

Недавно в России экологические инновации стали объектом повышенного внимания коммерческих компаний и государственных структур. Это обусловлено усиленной информированностью граждан о экологических вызовах и внедрением новых экологических нормативов, способствующих охране природы. Российские предприятия-новаторы активно разрабатывают проекты в сферах альтернативной энергетики, городского хозяйства, переработки отходов, экологичного сельского хозяйства и разработки экологически безопасных технологий. Динамичное увеличение инвесторского интереса к экостартапам также существенно способствует их прогрессу.

2. Инновационные стартапы в секторе альтернативной энергетики. Возобновляемая энергетика представляет собой ключевое направление для экологически сознательных стартапов в России. Фотоэлектрические станции и ветрогенераторы вместе с системами аккумулирования энергии интегрируются в энергетический ландшафт страны. Российские предприятия нового типа акцентируют внимание на разработке новых технологий для уменьшения использования традиционных ископаемых источников и сокращения объема выбросов углекислого газа в атмосферу, при работе систем городского хозяйства [2, 5, 6].

Пример успешного внедрения инновационных технологий в России – компания «Nevel solar». Этот производитель солнечных модулей стал одним из лидеров на российском рынке возобновляемой энергетики и активно способствует разработке солнечных электростанций. «Nevel solar» демонстрирует, как отечественные стартапы могут эффективно осваивать современные технологии в области солнечной энергетики.

Другой пример – компания «vetrorus», специализирующаяся на ветроэнергетике. Этот сектор в России обладает значительным потенциалом, особенно в северных и прибрежных областях, где постоянные ветра способствуют эффективной генерации электричества [7].

3. Рециклинг отходов и управление экологией. Рециклинг отходов стал ключевым экологическим вызовом в России, особенно учитывая обширные объемы отходов городского хозяйства и производимые национальной экономикой каждый год. В ответ на растущую экологическую угрозу в стране активно развиваются стартапы, специализирующиеся на эффективной утилизации и применении технологий в области переработки отходов.

Стартап «ecotechnopark» специализируется на сегрегации и рециклинге пластиковых отходов. Стартап охватывает организацию предприятий по переработке пластика и созданию из него вторичных материалов.

Экономика замкнутого цикла, или циркулярная экономика, находит применение в различных секторах Российской Федерации. Новаторские стартапы, включая «grinwaste», вносят вклад в устойчивое развитие, предлагая технологии для трансформации органических отходов в биогаз и компост. Эти процессы не только способствуют снижению объема отходов на полигонах, но и обеспечивают создание ценных продуктов, способствующих экологической и экономической устойчивости [8, 9].

4. Устойчивое земледелие и инновационные агротехники. Агрономия становится ключевой областью экономической деятельности, оказывающей выраженное воздействие на экосистему. В российском инновационном пространстве набирают популярность стартапы, целью которых является создание экологичных агротехнологий. Эти разработки предназначены для минимизации экологического ущерба и укрепления продовольственного суверенитета [10–13].

Стартапы в агротехнологической сфере активно применяют техники гидропонного выращивания и концепции вертикальных ферм для эффективного использования земли и воды. Примером является стартап «AgroPro», который развернул вертикальные фермы для культивации зелени и овощей в городских условиях. Этот стартап выделяется своим стремлением к минимизации применения агрохимикатов и пестицидов, что способствует безопасному и экологичному производству продуктов питания.

5. Зелёные транспортные стартапы в экологии. В Российской Федерации усиливается фокус на запуске стартапов, направленных на продвижение экологически совершенных транспортных решений. Примером таких инновационных начинаний служит компания «Яндекс.Такси», активно внедряющая разработки в сфере электромобилей и гибридных транспортных средств. Эксплуатация электромобилей в сопряжении с расширением зарядной инфраструктуры в метрополиях страны является ключевым элементом устойчивого развития и экологической стратегии.

Примером также служит компания «Zoох», занимающаяся созданием электрических транспортных средств. Эти автомобили способны эффективно уменьшить выбросы CO₂ и загрязнение в городских зонах [2, 14, 15].

6. Результаты исследования и их обсуждение. На данный момент количество экологических стартапов значительно увеличилось, что свидетельствует о растущем интересе к устойчивому развитию. Эти начинания применяют инновационные подходы в таких критически важных секторах, как возобновляемая энергия, экологический транспорт, агротехнологии и устойчивое строительство. К примеру, разработки в сфере технологий захвата и хранения углерода, а также использование экологически безопасных материалов, включая биопластики и переработанные продукты, играют ключевую роль в минимизации воздействия на окружающую среду [9, 16–18].

Основным двигателем развития зелёных стартапов становится растущая экосознательность пользователей и корпоративный экологический активизм, подкрепляемые укреплением национальных стратегий в сфере стимулирования применения новаторских, экологически безопасных технологий. Таблица 1 содержит анализ ключевых проблемных аспектов и перечень потенциальных методов их разрешения [19, 20].

Таблица 1

Вызовы и методы их устранения через применение экологически ориентированных стартапов

№	Проблемные ситуации	Источники	Последствия	Способы решения
1	2	3	4	5
1.	Загрязнение воздуха	Транспорт, промышленность, ТЭЦ.	Респираторные заболевания, глобальное потепление, кислотные осадки.	Развитие общественного транспорта и электромобилей. Имплементация систем фильтрации и очистительных сооружений в промышленных компаниях. Законодательно установленные нормы на выбросы загрязняющих веществ (экологические стандарты).

продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
2.	Пластиковое загрязнение	Из-за векового периода деградации пластика происходит аккумуляция отходов в морских и наземных экосистемах.	Гибель фауны, миграция микропластика в продовольственную цепь.	Создание и применение экологически чистой упаковки из биоразлагаемых материалов. Сбор и переработка пластикового мусора. Принятие мер по ограничению использования одноразовых товаров, включая пластиковые пакеты и упаковку.
3.	Истощение природных ресурсов	Вода, нефть, газ и другие природные ресурсы являются ограниченными.	Энергетическая нехватка, борьба за доступ к природным запасам.	Внедрение альтернативных энергетических ресурсов, таких как солнечная и ветровая энергия. Применение технологий для экономии ресурсов в энергетике и водоснабжении. Переработка, повторное применение и сокращение объёмов потребления ресурсов.
4.	Выбросы углекислого газа и глобальное потепление	Транспортные средства, теплоэлектроцентрали, агропромышленный комплекс.	Глобальное потепление вызывает уменьшение полярных льдов и горных ледников, что приводит к частым паводкам и засухам в различных регионах.	Редукция углекислого газа (торговля выбросами CO ₂). Аффорестация и сохранение лесных экосистем. Прогресс в области экологически чистых технологий и устойчивых методов производства.
5.	Утрата лесных массивов, включая браконьерство.	Экономическая активность индивидов.	Снижение видового разнообразия, деградация земель, изменение климатических условий.	Законодательный надзор и регулирование лесозаготовок. Лесовозобновление, агролесоводство. Эволюция технологий дистанционного зондирования, включая дроны и спутниковые системы.

Следовательно, важно и необходимо с детства формировать экологическую грамотность и осознанность через образовательные инициативы, воплощать стратегии устойчивого развития на государственном уровне и поддерживать развитие экономики, ориентированной на экологические стандарты и инновации в предпринимательстве.

Выводы. В эпоху глобального изменения климата, ухудшения качества атмосферного воздуха и водных ресурсов, а также деградации природных запасов, критически важными становятся инновации и устойчивые подходы, разработанные экологическими стартапами, которые способствуют развитию «зелёной» экономики.

Исследованием подтверждено, что стартапы критически влияют на смягчение мировых экологических вызовов, таких как:

- оптимизация экологического состояния через применение передовых технологий, которые нацелены на уменьшение вредного влияния на окружающую среду;
- преобразование отходов в ценные материалы с помощью рециклинга или реюза;
- редукция выбросов углекислого газа путем внедрения возобновляемых источников энергии и повышения энергетической эффективности.

Библиографический список

1. Новиков А.В., Хабарова И.А. Устойчивое развитие территорий и ESG в Российской Федерации // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник». 2022. № 9. С. 57–62.
2. Коммунальная энергетика России: актуальные проблемы и стратегии обновления / Князев Д.И., Петрикеев А.Д., Серикова И.А., Петрикеева Н.А. // Нано-биотехнологии. Тепло- и электроэнергетика. Математическое моделирование (НАБИТЭМ-2026): сборник статей IV международной научно-практической конференции. Липецк, 2026. С. 201–209.
3. Nilipovskiy V.I., Khabarova I.A., Khabarov D.A. Spatial data infrastructure: experience and development directions // Proceedings of the International University Scientific Forum «Practice Oriented Science: UAE – RUSSIA – INDIA». P. 138–142.
4. О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию: указ Президента Российской Федерации от 01.01.1996 № 440 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48796231> (дата обращения: 06.04.2026).
5. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Федер. закон [принят Гос. Думой 23.11.2009] // Собрание законодательств РФ. 2009. (ред. от 14.07.2022). №261. С. 25–30.
6. Петрикеева Н.А., Кузнецов С.Н. Экологический эффект при полном сгорании топлива в котельных установках // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2013. № 1 (29). С. 108–113.
7. Багаудинова Л.А. Возобновляемые источники энергии зеленой архитектуры на примере ГЭС-2 в Москве // Строительство и реконструкция: сборник научных статей 4-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. С. 38–41.
8. Кожухов Р.О., Петрикеева Н.А. Экологические аспекты при передаче высоковольтной электрической энергии // Инженерные системы и сооружения. 2015. № 2 (19). С. 47–51.
9. Голядкина А.Д., Мартыненко Г.Н., Петрикеева Н.А. «Живые» материалы в строительстве // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 3 (28). С. 32–37.
10. Новиков А.В., Хабарова И.А., Грановитов Е.А. Современные технологии проведения оценки состояния и использования земельных ресурсов для пространственного развития территорий // Цифровизация землепользования и землеустройства: тенденции и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции. Москва, 2023. С. 207–211.
11. Наконечная О.А., Калинина А.И., Петрикеева Н.А. Генная инженерия и нефтегазовая отрасль: перспективы взаимодействия // Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее: сборник научных статей 7-й Всероссийской научной конференции: в 4-х томах. Курск, 2024. С. 213–216.
12. Нилиповский В.И., Хабарова И.А., Хабаров Д.А. Инновации при озеленении пространства для создания комфортной городской среды // Trends in the development of science and global challenges: материалы международной научно-практической конференции Foreign International Scientific Conference (Managua (Nicaragua). СПб.: ГНИИ «Нацразвитие», 2023. С.108–117.
13. Маловичко Д.В., Труфляк И.С. Зеленая архитектура в г. Краснодаре [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48796231> (дата обращения: 06.04.2026).
14. Трофимчук Д.А. Зеленые насаждения урбандиафтов как способ оптимизации городской среды // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: материалы VI Международной научной конференции (к 100-летию со дня рождения профессора В.А. Дементьева). 2018. С. 241–244.
15. Новиков А.В., Хабарова И.А., Хабаров Д.А. Архитектурные, дизайнерские и инфраструктурные решения «зеленых» школ // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. №1(34). С. 32–35.
16. Прядко И.П. Зеленая архитектура как фактор экологической безопасности урбанизированных территорий: российский и зарубежный опыт // Урбанистика. 2018. № 2. С. 87–97.
17. Старостина Л.Г. «Зеленая» архитектура в городе // Архитектура и время. 2018. № 2. С. 2–7.
18. Трофимова Ю.С., Копылов А.Б., Головин К.А. Зеленая архитектура. Устойчивое развитие // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 12. С. 361–363.
19. Хабаров Д.А., Ананьина Л.Г., Борисова Т.П. Предложения по эффективному развитию и благоустройству городских территорий с учетом здравоохранительного приоритета // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. №1(38). С. 10–14.
20. Петрова З.К., Долгова В.О. «Экологический урбанизм» как перспективное направление в теории и практике градостроительства // Градостроительство. 2017. №6(52). С. 57–64.

Для цитирования: Хабарова И.А., Хабаров Д.А. Тенденции развития экологических стартапов: отечественный опыт // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2026. №2(43). С. 61–65.

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ

УДК 006.915: 621.3

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

Р. З. Каталандзе, В. П. Матушкин, К. А. Скляр, И. А. Серикова

*Воронежский государственный технический университет**Р. З. Каталандзе, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +8(908)145-59-10, e-mail: katalandze1999@mail.ru**В. П. Матушкин, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: ++7(930)471-94-14, e-mail: vladimir.matushkin.02@mail.ru**К. А. Скляр, канд. техн. наук, доц. кафедры техносферной и пожарной безопасности**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)207-22-20, e-mail: u00078@vgasu.vrn.ru**И. А. Серикова, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)207-22-20, e-mail: sirina301212@gmail.com*

Постановка задачи. В условиях растущей взаимозависимости энергетических рынков и ужесточения коммерческих и регуляторных требований особую актуальность приобретает точность учёта углеводородов. Расхождения между измеренными объёмами на входе и выходе транспортного участка – так называемые коммерческие потери – зачастую обусловлены не столько физическими утечками, сколько погрешностями измерительных систем. При этом даже минимальные метрологические неточности в условиях высоких цен на нефть могут вести к многомиллионным финансовым потерям.

Результаты. Проанализирована роль метрологического контроля в минимизации коммерческих потерь, рассмотрены ключевые источники измерительной неопределённости, современные подходы к калибровке и мониторингу, а также перспективы цифровизации и гармонизации нормативной базы в контексте глобальных и национальных вызовов.

Выводы. В результате проведенных исследований установлены основные проблемы при обеспечении точности измерений и оборудования, намечены пути решения по их снижению, предложены общие рекомендации.

Ключевые слова: магистраль, нефтепровод, коммерческие потери, метрология, контроль, средства измерений, расхомеры, учёт, поверка, калибровка.

Введение. Магистральные нефтепроводы являются основой транспортной инфраструктуры в нефтегазовой отрасли, обеспечивая перемещение сотен миллионов тонн сырой нефти и нефтепродуктов ежегодно [1]. В условиях глобализации энергетических рынков точность учёта объёмов транспортируемых углеводородов приобретает стратегическое значение как для коммерческих расчётов между поставщиками и потребителями, так и для выполнения обязательств по международным контрактам и регулированию со стороны государственных органов.

Однако на практике неизбежны расхождения между объёмами, заявленными на входе и выходе транспортного участка. Эти расхождения, известные как коммерческие потери, могут возникать по разным причинам: утечки, испарение, технологические отклонения, но

наиболее существенный вклад – до 70–85 % вносят именно погрешности измерений [2]. В условиях высоких цен на нефть даже незначительная относительная погрешность в 0,1 % может привести к финансовым потерям в десятки миллионов долларов в год на одном только крупном нефтепроводе. В данном контексте метрологический контроль выступает не просто как техническая процедура калибровки приборов, а как комплексная система обеспечения достоверности измерительной информации.

Цель данного исследования – проанализировать роль метрологического контроля в снижении коммерческих потерь на магистральных нефтепроводах, выявить ключевые факторы влияния и предложить пути повышения метрологической надёжности узлов учёта.

1. Коммерческие потери. Коммерческие потери в нефтепроводном транспорте – это разница между объёмом нефти, измеренным на входе в систему (или участок), и объёмом, измеренным на выходе, за вычетом учтённых технологических факторов (например, изменения плотности, температуры, наличия воды и механических примесей). Согласно ГОСТ Р 8.595–2004 и ISO 15589, допустимый уровень расхождений не должен превышать 0,25 % от объёма передачи, однако на многих объектах этот порог регулярно превышает.

Основные источники коммерческих потерь можно разделить на три категории [3]:

- физические потери: утечки, испарение, остатки в трубопроводе, загрязнения;
- технологические потери: неучтённые изменения физико-химических свойств нефти (плотность, вязкость), неточности в расчёте поправок на температуру и давление;
- метрологические потери: систематические и случайные погрешности средств измерений, нарушения процедур калибровки, несоответствие метрологическим требованиям.

Исследования показывают, что именно третья категория доминирует в структуре потерь в развитых нефтепроводных системах (например, в Европе и в России), где физическая герметичность обеспечивается на высоком уровне [1].

Для учёта объёмов углеводородов на магистральных нефтепроводах применяются следующие типы систем:

- Турбинные и кориолисовые расходомеры – обеспечивают высокую точность (до $\pm 0,1\%$) и не требуют коррекции по плотности. Кориолисовые расходомеры особенно эффективны при транспортировке неоднородных смесей.
- Ультразвуковые расходомеры – бесконтактные, не создающие гидравлического сопротивления, точность до $\pm 0,25\%$. Требуют тщательной подготовки потока (выпрямители, фильтры).
- Объёмные счётчики (ротационные, овалыные шестерни) – применяются реже из-за высокого износа и чувствительности к абразивным примесям.
- Гибридные системы – сочетают расходомеры с анализаторами плотности, вязкости и влагосодержания, что позволяет оперативно корректировать объём на стандартные условия ($15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $101,325\text{ кПа}$).

На рисунке 1 представлена типичная архитектура узла коммерческого учёта нефти.

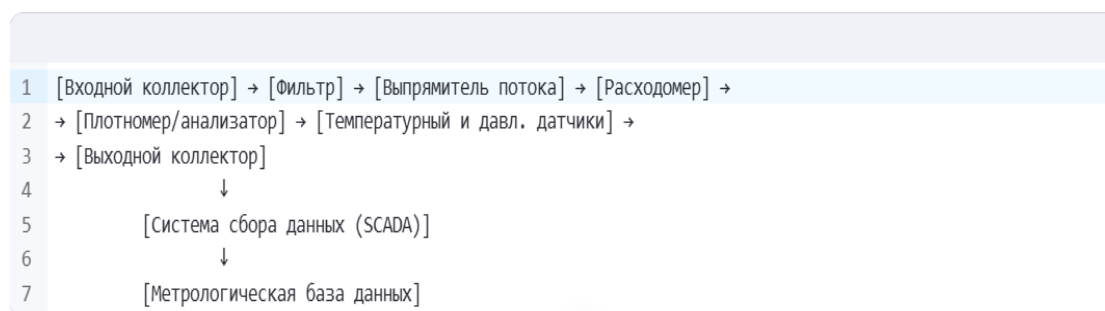


Рис. 1. Структура узла коммерческого учёта на магистральном нефтепроводе

Каждый элемент цепи измерений вносит собственную неопределённость, суммарная которой определяет общую погрешность узла.

2. Метрологический контроль на объекте. Перейдем к рассмотрению метрологического контроля. По своей сущности – это совокупность операций, направленных на подтверждение соответствия средств измерений установленным требованиям точности и стабильности. В контексте нефтепроводного транспорта он включает:

- Периодическую поверку расходомеров и вспомогательных датчиков в соответствии с национальными стандартами (например, ГОСТ, OIML R117, API MPMS).
- Калибровку «in-situ» с использованием образцовых мер (например, пробоотборников, эталонных расходомеров).
- Мониторинг дрейфа характеристик в реальном времени с помощью цифровых платформ.
- Аудит метрологических процедур и обучение персонала.

Важнейшим элементом является оценка неопределённости измерений по методике, рекомендованной ISO/IEC 98-3 (GUM). Это позволяет количественно оценить риски и ввести корректирующие коэффициенты в расчётные формулы.

Как видно из рисунка 2, даже при использовании высокоточных приборов суммарная неопределённость может превысить допустимый коммерческий порог. Это подчеркивает необходимость комплексного подхода.

КОМПОНЕНТ	ВКЛАД В НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ, %
Расходомер	0,10–0,15
Плотномер	0,05–0,08
Датчик температуры	0,02–0,04
Датчик давления	0,01–0,02
Алгоритм коррекции	0,03–0,06
Суммарная неопределённость	0,18–0,28

Рис. 2. Оценка неопределенности элементов

3. Цифровая метрология. Современные тенденции в нефтегазовой отрасли указывают на переход к цифровой метрологии – интеграции средств измерений в единую информационную среду с возможностью:

- автоматической диагностики состояния приборов;
- прогнозирования дрейфа характеристик с помощью ИИ;
- прозрачного аудита измерительных данных в реальном времени.

Такие системы, как Digital Twin узла учёта, позволяют моделировать поведение измерительной цепи и оптимизировать процедуры калибровки. Например, платформы на базе облачных решений (например, Siemens MindSphere, ABB Ability) уже внедряются на европейских нефтепроводах с положительными результатами [3, 4].

Кроме того, разрабатываются блокчейн-решения для неизменяемого хранения данных измерений, что особенно актуально при расчётах между независимыми сторонами. Эффективность метрологического контроля невозможна без единой регуляторной среды.

В России действуют:

- Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 №102-ФЗ;

- Постановление Правительства РФ от 18.11.2013 № 1034 «О коммерческом учете тепловой энергии, теплоносителя»;
- Технические регламенты Таможенного союза (например, ТР ТС 012/2011, ТР ТС 032/2013).

На международном уровне ключевыми документами являются:

- OIML R117 – требования к системам учёта жидкостей;
- API MPMS Chapter 12 – стандарты измерений в нефтегазовой отрасли;
- ISO 4267, ISO 3171 – методы пробоотбора и измерения.

Гармонизация национальных норм с международными стандартами способствует снижению барьеров в международной торговле и повышению доверия к российским измерительным данным.

Таким образом, проанализировав вышесказанное необходимо сформулировать следующие рекомендации.

1. Обеспечение точности измерений при транспортировке углеводородов по магистральным нефтепроводам – это стратегическая императива современной энергетической инфраструктуры. В условиях растущей волатильности глобальных рынков, ужесточения регуляторных требований и усиления конкуренции за доверие контрагентов, метрологическая достоверность становится одним из ключевых компонентов операционной устойчивости и репутационного капитала нефтегазотранспортных компаний. Анализ практики эксплуатации магистральных систем в России, Европе, Северной Америке и странах Ближнего Востока показывает, что именно уровень зрелости метрологической культуры, а не только качество оборудования, определяет реальную величину коммерческих потерь.

2. Проблема неточности измерений не сводится к изношенности приборов или недостаточному финансированию. За этим часто стоят более глубокие системные пробелы: отсутствие единой метрологической политики, фрагментарность нормативной базы, недостаточная квалификация персонала, а также слабая интеграция метрологических данных в корпоративные системы управления рисками и финансами. В ряде случаев традиционный подход, ориентированный исключительно на периодическую поверку, оказывается неспособным выявить скрытый дрейф характеристик приборов, вызванный, например, изменением вязкости нефти, наличием микропузырьков газа или эрозией внутренних поверхностей трубопровода. Такие эффекты не всегда фиксируются в рамках стандартных процедур, но вносят существенный вклад в систематическую погрешность.

3. Современный этап развития нефтегазовой отрасли характеризуется переходом от реактивного к проактивному метрологическому контролю. Это означает смещение акцента с формального подтверждения соответствия приборов в момент поверки к непрерывному мониторингу их работоспособности и прогнозированию отклонений. Цифровизация становится ключевым драйвером этого перехода. Внедрение систем Интернета вещей (IoT), облачных платформ аналитики и искусственного интеллекта позволяет не только фиксировать текущие параметры потока, но и моделировать поведение измерительной цепи в условиях, приближенных к реальным. Например, алгоритмы машинного обучения могут выявлять аномалии в сигнале ультразвукового расходомера за несколько дней до того, как они приведут к значимому расхождению в учёте. Это открывает возможности для предиктивного обслуживания и минимизации простоев.

4. Особое значение приобретает вопрос стандартизации форматов данных и протоколов обмена. На сегодняшний день даже в пределах одной транснациональной компании узлы учёта, построенные в разное время и с участием разных поставщиков, могут использовать несовместимые системы сбора и архивирования данных. Это затрудняет централизованный анализ и повышает риск ошибок при ручной интерпретации. Решением может стать внедрение единых метрологических баз данных на основе международных

стандартов, таких как OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture), что обеспечит семантическую совместимость и возможность автоматической проверки целостности измерительной цепи.

5. В перспективе метрологический контроль выходит за рамки технической функции и становится элементом корпоративного управления. Ведущие операторы трубопроводов уже включают ключевые метрологические индикаторы (например, среднеквадратичное отклонение расхождений между входом и выходом, частоту срабатывания диагностических тревог) в системы отчётности. Это связано с тем, что точность учёта напрямую влияет на прозрачность цепочек поставок, борьбу с несанкционированными отборами и, как следствие, на экологическую и социальную ответственность компаний. Недостоверные данные могут маскировать утечки, вести к избыточному потреблению энергии на перекачку, исказить углеродный след транспортировки, что противоречит принципам устойчивого развития.

6. Следует также учитывать геополитический контекст. В условиях усиления санкционного давления и фрагментации глобальных рынков возрастает роль национальных метрологических институтов в обеспечении независимости от зарубежных стандартов и оборудования. В России, например, активно развивается программное обеспечение для обработки данных учёта, созданное на отечественных платформах, а также усилия по созданию собственных эталонов плотности и вязкости нефти. Однако полная автономия невозможна без международного признания. Поэтому параллельно необходимо укреплять участие российских экспертов в работе таких организаций, как OIML, API и ISO, чтобы обеспечивать взаимоприемлемость измерительных данных в международной торговле.

7. Наконец, нельзя игнорировать человеческий фактор. Даже самая совершенная цифровая система окажется бесполезной, если персонал не обладает достаточными знаниями в области метрологии, термодинамики углеводородов и статистической обработки данных. Поэтому одной из приоритетных задач становится модернизация образовательных программ для инженеров-метрологов и операторов нефтепроводов. Включение в учебные курсы модулей по неопределённости измерений, цифровой диагностике и основам кибербезопасности метрологических систем позволит подготовить поколение специалистов, способных эффективно управлять сложными интегрированными средами.

Выводы. Таким образом, снижение коммерческих потерь на магистральных нефтепроводах требует комплексного, многоуровневого подхода, в котором метрологический контроль выступает не как изолированная процедура, а как центральный элемент цифровой, экономической и регуляторной экосистемы. Успешная реализация этого подхода позволит не только сократить финансовые издержки, но и повысить доверие к национальной энергетической инфраструктуре как на внутреннем, так и на международном уровнях. В условиях, когда каждый баррель нефти учитывается с точностью до тысячных долей процента, именно метрология становится той «невидимой опорой», на которой строится устойчивость и прозрачность всей отрасли.

Библиографический список

1. Мигранян А. Специфика рыночной модели инфраструктуры нефтепроводов России // Геоэкономика энергетики. 2018. №4. С. 86–95.
2. Кравченко С.А., Салыгин В.И. Усложняющиеся опасности и риски современного магистрального нефтепроводного транспорта // СНИСП. 2014. №4 (8). С. 51–66.
3. Милованов П.Д., Пантелеева Р.А. Применение открытой ос mindsphere в цифровой трансформации высокотехнологичных предприятий // Московский экономический журнал. 2021. №2. С. 279–291.
4. Комаров В.П., Шевченко А.С., Костенко Ю.В. Цифровизация процессов в нефтегазовой отрасли: проблемы и перспективы // Нефтегазовое дело. 2023. № 3. С. 112–120.

Для цитирования: Обеспечение точности измерений при транспортировке углеводородов / Р.З. Каталандзе, В.П. Матушкин, К.А. Скляр, И.А. Серикова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2026. №2(43). С. 66–70.

УДК 681.51

ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПОВЕРКИ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

А. Д. Петрикеев, Г. С. Сериков

*Воронежский государственный технический университет**А. Д. Петрикеев, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(908)137-23-33, e-mail: petrikeeff@gmail.com**Г. С. Сериков, канд. техн. наук, доц. кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(980)232-92-21, e-mail: georgy301212@gmail.com*

Постановка задачи. В статье рассматриваются вопросы внедрения автоматизированных систем поверки датчиков давления, применяемых в трубопроводном транспорте нефти и газа. Показана роль метрологического контроля в обеспечении безопасности и надёжности функционирования трубопроводных систем.

Результаты. Уделено внимание архитектуре автоматизированных поверочных комплексов, включающих эталонные средства измерений, манифольды, средства управления давлением и специализированное программное обеспечение.

Выводы. Проанализированы нормативно-правовые и методические основы организации поверки в соответствии с требованиями Федерального закона № 102-ФЗ, ISO/IEC 17025 и ГОСТ Р 54500.3-2011. Сделаны выводы о необходимости интеграции автоматизированных комплексов в единую систему метрологического обеспечения трубопроводного транспорта.

Ключевые слова: трубопроводный транспорт, измерительный комплекс, цифровизация, датчики, метрология, автоматизация, поверка.

Введение. Надёжность систем трубопроводного транспорта нефти и газа в существенной мере определяется корректностью измерений давления в линейной части, на насосных и компрессорных станциях, в узлах учёта и системах противоаварийной защиты. Согласно Федеральному закону № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», результаты измерений, используемые при осуществлении государственных функций, коммерческого учёта и обеспечения безопасности, подлежат метрологическому контролю и поверке с обеспечением прослеживаемости к государственным эталонам [1].

Традиционные схемы поверки датчиков давления (манометрических и абсолютных преобразователей, датчиков перепада) опираются на ручные операции и локальные журналы, что повышает трудоёмкость и риск ошибок. Современные автоматизированные комплексы поверки (АПК) объединяют эталонные средства давления, коммутирующие манифольды, средства управления давлением и программное обеспечение, позволяя типизировать методики и автоматически оформлять результаты по требованиям Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) [2, 3].

1. Нормативная база. В нефтегазовой отрасли Россия применяет корпоративные стандарты и отраслевые регламенты, предписывающие регулярную метрологическую поверку средств измерений в системах учёта и контроля технологических параметров. Для газотранспортной инфраструктуры СТО «Газпром» регламентируют состав измерительных узлов (включая датчики давления/перепада) и требования к их метрологической обеспеченности в составе систем качества и коммерческого учёта. Несоблюдение ведёт к

рискам технологической и финансовой недостоверности. Автоматизация поверочных процедур снижает вариативность операций и повышает воспроизводимость результатов [4].

С точки зрения нормативной согласованности, автоматизированные поверочные лаборатории и автоматизированные рабочие места (АРМы) поверителя (рис.1) должны соответствовать ISO/IEC 17025 (компетентность испытательных и калибровочных лабораторий) и национальным документам по оцениванию неопределённости (ГОСТ Р 54500.3-2011 / ISO/IEC Guide 98-3, GUM). Это обеспечивает сопоставимость результатов, прослеживаемость и корректное представление расширенной неопределённости в свидетельствах поверки [4–7].



Рис. 1. Автоматизированные рабочие места

Для датчиков, задействованных в приборных системах безопасности (SIS) компрессорных/насосных станций, корректная поверка и доказуемая работоспособность тесно связаны с требованиями ГОСТ Р МЭК 61511 (IEC 61511) по функциональной безопасности: корректно откалиброванные и протестированные датчики – ключ к достижению требуемого уровня целостности безопасности (SIL) [8, 9].

2. Современные автоматизированные комплексы поверки (АПК). Рассмотрим архитектуру АПК для поверки датчиков давления в системе.

Типовой комплекс включает [10, 11]:

- автоматический контроллер-калибратор давления (в т.ч. двухканальный) с диапазоном, перекрывающим рабочие области трубопроводного транспорта;
- эталонные датчики/модули давления с известной неопределённостью;
- пневмогидравлический манифольд с автоматическими клапанами и функцией испытания на герметичность;
- коммуникации HART/Profibus/Modbus для работы с интеллектуальными датчиками;
- программное обеспечение (ПО), реализующее алгоритмы методик поверки, расчёт погрешностей и формирование протокола/свидетельства.

Промышленные решения (Fluke 6270A + COMPASS, WIKA/Mensor CPC6050, Additel 761A) поддерживают автоматические сценарии воспроизведения точек, стабилизации и регистрации результатов, что позволяет поверять несколько датчиков одновременно и формировать пакет документов автоматически.

Автоматизация не заменяет нормативные методики: для конкретных типов датчиков используются действующие МИ/методики поверки (например, МИ для промышленных преобразователей давления), при обработке – подходы GUM (ГОСТ Р 54500.3-2011), а оценка межповерочных интервалов – по РМГ 74. Встроенные алгоритмы ПО учитывают вклад эталонного канала, стабильность контроля, температурные влияния, герметичность линии и повторяемость точек.

По данным спецификаций и описаний типовых АПК, достигается [12, 13]:

- сокращение времени цикла поверки за счёт автоматического воспроизведения давления и параллельной поверки нескольких средств измерений (СИ);
- снижение вероятности операторских ошибок (автоматическая запись, встроенный контроль стабилизации/герметичности);
- повышение воспроизводимости и прозрачности учёта благодаря прямой интеграции с ЛИС/реестрами и автоматическому формированию протоколов в соответствии с ГОСТ/МИ;
- расширение номенклатуры поверяемых СИ (манометры, преобразователи, переключатели давления) и охват диапазонов до десятков мегапаскалей при требуемой точности/неопределённости.

Для трубопроводного транспорта внедрение автоматизированных комплексов поверки рационально увязывать с процессами системы менеджмента качества (СМК) и метрологического обеспечения: план-графики поверки, электронные маршрут-карты СИ, управление межповерочным интервалом (МПИ) по результатам мониторинга стабильности (РМГ 74), хранение свидетельств и прослеживаемость к эталонам. Требования 102-ФЗ и ISO/IEC 17025 диктуют регламенты валидации программного обеспечения, квалификации персонала и обеспечения условий (температура, чистота среды, утечки), что должно быть отражено в документации лаборатории [6, 10, 14].

Для датчиков, входящих в контуры ПСБ (SIS – Safety Instrumented System) компрессорных/насосных станций, календарная поверка и функциональные испытания (proof test) взаимодополняют друг друга. Автоматизированные стенды позволяют документировать фактические отказы/дрейфы и поддерживать данные для анализа пригодности к SIL (IEC 61511), что снижает системные риски [15, 16].

Основными проблемными местами являются:

- корректность учёта влияний (температура, утечки, деаэрация, чистота среды) и адекватность неопределённости;
- калибровка эталонных модулей и средства воспроизведения давления с прослеживаемостью;
- валидация сценариев автоматизации под конкретные методики поверки (МИ/ГОСТ) и версии прошивок датчиков (HART-параметры);
- кибербезопасность и резервирование данных в ЛИС/ERP.

Эти параметры требуют формализованной квалификации системы и периодических аудитов в логике ISO/IEC 17025.

Экономический эффект автоматизации складывается из роста пропускной способности поверки, снижения трудозатрат, брака документации и уменьшения простоев технологического оборудования за счёт предсказуемых окон обслуживания. Конкретные экономические показатели должны подтверждаться расчётом на базе фактической номенклатуры СИ и графиков ремонтов/поверок предприятия [17, 18].

Успешное внедрение требует формализованной квалификации, валидации методик и расчётов неопределённости в логике GUM, а также увязки с программой функциональных испытаний датчиков в системах безопасности по ГОСТ Р МЭК 61511.

Выводы. Автоматизированные поверочные комплексы соответствуют текущим ожиданиям (102-ФЗ, ISO/IEC 17025, документы государственной системы обеспечения единства измерений, корпоративные STO) и позволяют обеспечить прослеживаемость и воспроизводимость результатов поверки датчиков давления, критичных для безопасной и экономически значимой эксплуатации трубопроводного транспорта.

Техническая архитектура автоматизированных комплексов поверки (контроллер-калибратор, эталонные каналы, автоматическая коммутация, LIMS-интеграция) обеспечивает сокращение времени цикла, снижение влияния человеческого фактора и расширение номенклатуры поверяемых средств измерений без компромиссов по неопределённости.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (в ред. от 05.05.2023 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2008. – № 26. – Ст. 3021.
2. Долгова И.А., Селезнёв А.А. Автоматизированная система контроля динамических характеристик датчиков давления // Вестник Пензенского государственного университета. 2014. № 3 (7). С. 70–75.
3. Ковалёв П. А., Лебедев С. И. Повышение эффективности поверки преобразователей давления с использованием автоматизированных комплексов // Вестник метрологии. 2021. № 4. С. 33–39.
4. STO Gazprom 5.6-1-2021. Системы измерений технологических параметров на объектах магистрального транспорта газа. Требования к метрологическому обеспечению. М.: ООО «Газпром ВНИИГАЗ». 2021. 48 с.
5. ГОСТ Р МЭК 61511-1–2021. Функциональная безопасность. Приборные системы безопасности для промышленных процессов. Часть 1. Термины, определения, требования. М.: Стандартинформ, 2022. 122 с.
6. ГОСТ Р 54500.3–2011 / ISO/IEC Guide 98-3:2008. Оценивание данных измерений. Часть 3. Руководство по выражению неопределённости измерений (GUM). М.: Стандартинформ, 2012. 72 с.
7. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. – Geneva: International Organization for Standardization, 2017. 30 pp.
8. РМГ 74-2017. Государственная система обеспечения единства измерений. Межповерочные интервалы средств измерений. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2018. 34 с.
9. МИ 2555-99. Государственная система обеспечения единства измерений. Датчики давления. Методика поверки. М.: ВНИИМС, 1999. 29 с.
10. Дубровин Н. А. Автоматизированные системы метрологического контроля в нефтегазовом комплексе // Измерительная техника. 2022. № 7. С. 15–21.
11. Марков И. В., Сидоров А. Г. Цифровая трансформация метрологического обеспечения на предприятиях трубопроводного транспорта // Нефтегазовое дело. 2023. № 2. С. 112–120.
12. ГОСТ 34670-2020. Системы газораспределительные. Пункты редуцирования газа. Основные положения. Введ. 2021–06–01. М.: Стандартинформ, 2020. 46 с.
13. Милованов П. Д., Пантелеева Р. А. Применение открытой ос mindsphere в цифровой трансформации высокотехнологичных предприятий // Московский экономический журнал. 2021. №2. С. 279-291.
14. Мигранян А. Специфика рыночной модели инфраструктуры нефтепроводов России // Геоэкономика энергетики. 2018. №4. С. 86-95.
15. Кравченко С. А., Салыгин В. И. Усложняющиеся опасности и риски современного магистрального нефтепроводного транспорта // СНИСП. 2014. №4 (08). С. 51-66.
16. Комаров В.П., Шевченко А.С., Костенко Ю.В. Цифровизация процессов в нефтегазовой отрасли: проблемы и перспективы // Нефтегазовое дело. 2023. № 3. С. 112–120.
17. Обеспечение точности измерений при транспортировке углеводородов / Р.З. Каталандзе, В.П. Матушкин, К.А. Скляров, И.А. Серикова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2026. №2 (43). С. 66–70.
18. Назаров А.В., Козырев Г.И. Современная телеметрия в теории и на практике: учебный курс. СПб.: Наука и Техника, 2007. 672 с.

Для цитирования: Петрикеев А.Д., Сериков Г.С. Внедрение автоматизированных систем поверки датчиков давления в трубопроводном транспорте // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2026. №2(43). С. 71–74.

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Уважаемые авторы, пожалуйста, строго следуйте правилам написания и оформления статей для опубликования в журнале «Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации».

1. Изложение материала должно быть ясным, логически выстроенным. Обязательными структурными элементами статьи являются *Введение* (~0,5 страницы) и *Выводы* (~0,5 страницы), другие логические элементы (пункты и, возможно, подпункты), которые следует выделять в качестве заголовков.

1.1. *Введение* предполагает:

- обоснование актуальности исследования;
- анализ последних публикаций, в которых начато решение исследуемой в статье задачи (проблемы) и на которые опирается автор в своей работе;
- выделение ранее не решенных частей общей задачи (проблемы);
- формулирование цели исследования (постановка задачи).

1.2. Основной текст статьи необходимо структурировать, выделив логические элементы заголовками (например, «Анализ характера разрушения опытных образцов...», «Расчет прочности тела фундамента»). В основном тексте рекомендуется выделение не менее двух пунктов (разделов).

1.3. Завершить изложение необходимо *Выводами*, в которых следует указать, в чем заключается научная новизна изложенных в статье результатов исследования («Впервые определено/рассчитано...», «Нами установлено...», «Полученные нами результаты подтвердили/опровергли...»).

1.4. Оригинальность научной работы должна составлять не менее 75 %, при этом величина цитирования и самоцитирования в это значение не входят.

2. Особое внимание следует уделить аннотации: она должна в сжатой форме отражать содержание статьи. Логически аннотация, как и сам текст статьи, делится на три части - *Постановка задачи* (или *Состояние проблемы*), *Результаты*, *Выводы*, которые также выделяются заголовками. Каждая из этих частей в краткой форме передает содержание соответствующих частей текста - введения, основного текста и выводов. Аннотация приводится сразу после информации об авторах.

Требуемый объем аннотации – 7÷10 строк, набранных шрифтом высотой 10 пт. Отступ справа и слева – 1 см, выравнивание по ширине.

3. Обязательно указание мест работы всех авторов, их должностей, контактной информации (сведения об авторах приводятся в начале статьи шрифтом высотой 10 пт.).

4. Объем статьи должен составлять не менее 4 и не более 10 страниц формата А4. Поля слева и справа – по 2 см, снизу и сверху – по 2,5 см.

5. Обязательным элементом статьи является индекс УДК, который приводится перед заглавием.

6. Ключевые слова, расположенные в тексте после аннотации, приводятся шрифтом высотой 10 пунктов и помогают в поиске материала статьи в сети Интернет.

7. Для основного текста используйте шрифт Times New Roman высотой 12 пунктов с одинарным интервалом. Не используйте какой-либо другой шрифт. Для обеспечения однородности стиля не используйте курсив, а также не подчеркивайте текст. Отступ первой строки абзаца – 1 см.

8. Графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них. Название иллюстраций (10 пт., обычный) дается под ними после слова Рис. с порядковым номером (10 пт., полужирный). Если рисунок в тексте один, номер не ставится.

Все рисунки и фотографии желательно представлять в цветном варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение не менее 300 dpi. Избегайте тонких линий в графиках (толщина линий должна быть не менее 0,2 мм). Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются.

9. Слово «Таблица» с порядковым номером размещается по правому краю. На следующей строке приводится название таблицы (выравнивание по центру без отступа) без точки в конце. Единственная в статье таблица не нумеруется.

10. На первой странице внизу также обязательным элементом является указание авторского знака © с перечислением ФИО всех авторов и года издания статьи.

11. Используемые в работе термины, единицы измерения и условные обозначения должны быть общепринятыми. Все употребляемые автором обозначения и аббревиатуры должны быть определены при их первом появлении в тексте.

12. Все латинские обозначения набираются курсивом, названия функций (sin, cos, exp) и греческие буквы – обычным (прямым) шрифтом. Все формулы должны быть набраны только в редакторе формул MathType. Расположение формулы по центру, нумерация по правому краю. Пояснения к формулам (экспликация) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки).

13. Ссылки на литературные источники в тексте заключаются в квадратные скобки [1]. Библиографический список приводится после текста статьи на русском языке в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5-2008. Список источников приводится в алфавитном порядке или по порядку их упоминания в тексте.

14. Статьи представляются в электронном и отпечатанном виде, печатный экземпляр должен быть подписан всеми авторами.

15. Редакция обеспечивает рецензирование статей. Статья рецензируется не более двух раз, после повторной отрицательной рецензии статья отклоняется.

16. Для публикации статьи необходимо заполнить и выслать на адрес редакции сопроводительное письмо (шаблон письма размещен на сайте журнала <http://journal-gik.wmsite.ru>).

17. Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения текста рукописи.

18. Редакция поддерживает связь с авторами преимущественно через электронную почту – будьте внимательны, указывая адрес для переписки.

19. Представляя рукопись в редакцию, автор гарантирует, что:

– он не публиковал и не будет публиковать статью в объеме более 50 % в других печатных и (или) электронных изданиях, кроме публикации статьи в виде препринта;

– статья содержит все предусмотренные действующим законодательством об авторском праве ссылки на цитируемых авторов и издания, а также используемые в статье результаты и факты, полученные другими авторами или организациями;

– статья не включает материалы, не подлежащие опубликованию в открытой печати, в соответствии с действующими нормативными актами.

Автор согласен с тем, что редакция журнала имеет право:

– предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования;

– производить сокращения и редакционные изменения текста рукописи;

– допечатывать тираж журнала со статьей автора, размещать в СМИ предварительную и рекламную информацию о предстоящей публикации статьи и вышедших в свет журналах.

20. Рукописи статей авторам не возвращаются (даже в случае отказа в публикации) и вознаграждение (гонорар) за опубликованные статьи не выплачивается.