

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО  
ИНФРАСТРУКТУРА  
КОММУНИКАЦИИ**

**Выпуск № 4(41) 2025**

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

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

394006 Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84;  
тел.: +7(473)2-71-53-21;  
e-mail: [gik\\_vgasu@mail.ru](mailto:gik_vgasu@mail.ru).

Ознакомиться с *электронной версией журнала* можно на сайте:  
<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 № 4(41)**

**Декабрь, 2025**

- 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**

**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  
**Кущев 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 25.12.2025. Усл. печ. л. 6,74. Формат 60×84/8. Тираж 25 экз. Заказ № 268.

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\\_ygasu@mail.ru](mailto:gik_ygasu@mail.ru)

ОТПЕЧАТАНО: отдел оперативной полиграфии издательства ВГТУ  
394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ .....</b>	6
<i>Шнурникова Е. П., Захарченко Б. А.</i> Воссоздание исторического центра города Краснодара на примере реконструкции доходного дома .....	6
<b>АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....</b>	11
<i>Охотина А. А., Тлустая С. Е.</i> Размещение цифровых объектов в парковых зонах на примере университетского парка города Владивостока .....	11
<b>ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ .....</b>	19
<i>Сахарова М. А., Колосова Н. В.</i> Композитные защитные футляры трубопроводных систем .....	19
<i>Самофалова А. С., Брехин И. Ю.</i> Анализ ключевых проблем газификации регионов Сибирского федерального округа .....	25
<i>Баранников С. В., Щеглова П. С., Петрикеева Н. А., Сериков Г. С.</i> Анализ работы дымовых труб .....	29
<i>Чернышев В. В., Серикова И. А., Петрикееев А. Д.</i> Оптимизация систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов .....	34
<i>Орехова В. С., Сережникова Д. Г., Серикова И. А., Петрикеева Н. А.</i> Методы оптимизации проектной деятельности в системах теплогазоснабжения на основе устойчивого развития .....	38
<i>Чернышев В. В., Петрикееев А. Д., Сериков Г. С., Бугаевский Д. О.</i> Использование возобновляемых источников энергии для систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов .....	44
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ .....</b>	50
<i>Бузуверова В. Г., Шабанова А. С., Калинина А. И., Плаксина Е. В.</i> Технологические решения для устойчивой добычи нефти на Новопортовском нефтегазоконденсаторном месторождении .....	50
<b>ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ .....</b>	57

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

УДК 69.059.7

## ВОССОЗДАНИЕ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ГОРОДА КРАСНОДАРА НА ПРИМЕРЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОХОДНОГО ДОМА

Е. П. Шнурникова, Б. А. Захарченко

*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*

*Б. А. Захарченко, студент кафедры строительных конструкций*

*Россия, г. Краснодар, тел.: +7(952)867-29-55, e-mail: zakharchenko2004@inbox.ru*

**Постановка задачи.** Согласно приказу администрации Краснодарского края от 01.03.2019 №26-кн были утверждены границы территории и предмет охраны исторического поселения города Краснодара. Улица Кирова является неотъемлемой частью исторического центра. В статье рассматриваются история доходного дома, расположенного на этой улице, его архитектурные особенности, методы реконструкции. Кроме того, анализируется роль здания в сохранении архитектурного наследия исторического поселения и его преображение под перспективные нужды современных людей.

**Результаты.** Проведено исследование, в котором были обозначены методы реконструкции доходного дома, выполнен исторический анализ и выявлена значимость сохранения и восстановления зданий в историческом центре в целом.

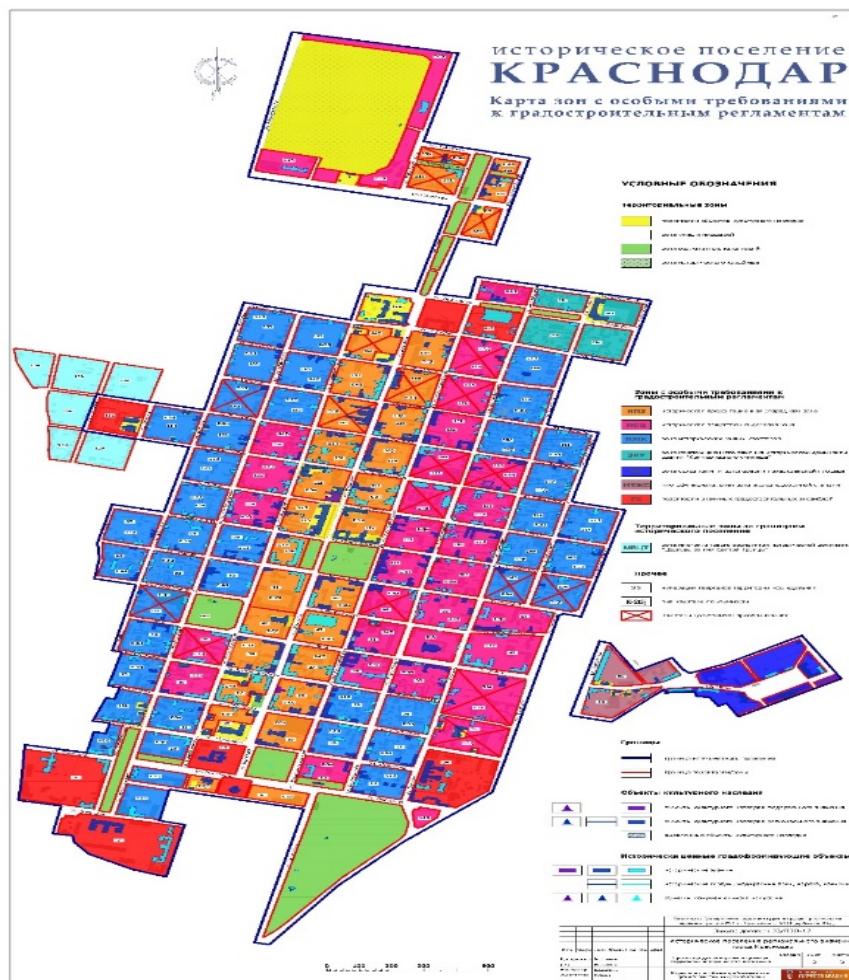
**Выводы.** Реконструкция доходного дома на улице Кирова стала необходимым мероприятием, так как способствует восстановлению исторического облика Краснодара и открывает новые эксплуатационные возможности. Более того, реконструкция адаптировала здание к современным требованиям эксплуатации, обеспечив его долговечность и безопасность.

**Ключевые слова:** исторический центр, Краснодар, доходные дома, реконструкция, архитектура, наследие.

**Введение.** В 2019 году в городе Краснодаре были утверждены границы территории и предмет охраны исторического поселения (рис.1). В приказе администрации Краснодарского края приводится списочный состав объектов культурного наследия и ценных градоформирующих объектов, относящихся к культурному достоянию и требующих защиты, а также градостроительные требования и основные принципы землепользования при осуществлении строительной деятельности на территории поселения исторического населенного пункта.

Доходные дома – это неотъемлемая часть исторической застройки города Краснодара, отражающая её особенности и социально-экономический уклад города конца XIX – начала XX века. Одним из таких зданий является дом, расположенный на улице Кирова. Его реконструкция является важным шагом в сохранении культурного наследия и адаптации исторической застройки к современным нормам [1, 2].

Цель работы заключается в анализе методов реконструкции доходного дома на улице Кирова для дальнейшей разработки единой концепции развития территории исторического поселения регионального значения город Краснодар. Это необходимо для повышения туристической привлекательности города и создания благоприятных условий застройки его центральной части.



**Рис. 1.** Границы исторического поселения города Краснодара

Задачами данного исследования являются:

- анализ современных способов реконструкции объектов культурного наследия на примере доходного дома;
- изучение основных архитектурных стилей на территории исторического поселения города Краснодара;
- оценка значимости воссоздания облика доходных домов, для сохранения и развития архитектурно градостроительной среды исторического центра г. Краснодара.

**1. Историко-архитектурный анализ.** Доходный дом на улице Кирова (ранее – улице Графской), является характерным примером застройки Екатеринодара конца XIX – начала XX века. В этот период город активно развивался, а его центральные улицы приобретали европейский облик с многоэтажными кирпичными зданиями, сочетающими элементы классицизма, эклектики и раннего модерна (рис. 2).

Архитектура доходного дома отражает черты купеческого строительства того времени: симметричный фасад, высокие окна с фигурными наличниками, лепной декор и кованые

элементы. Подобные здания возводились с расчетом на сдачу помещений в аренду – на первых этажах часто располагались магазины и лавки, а верхние этажи занимали квартиры.

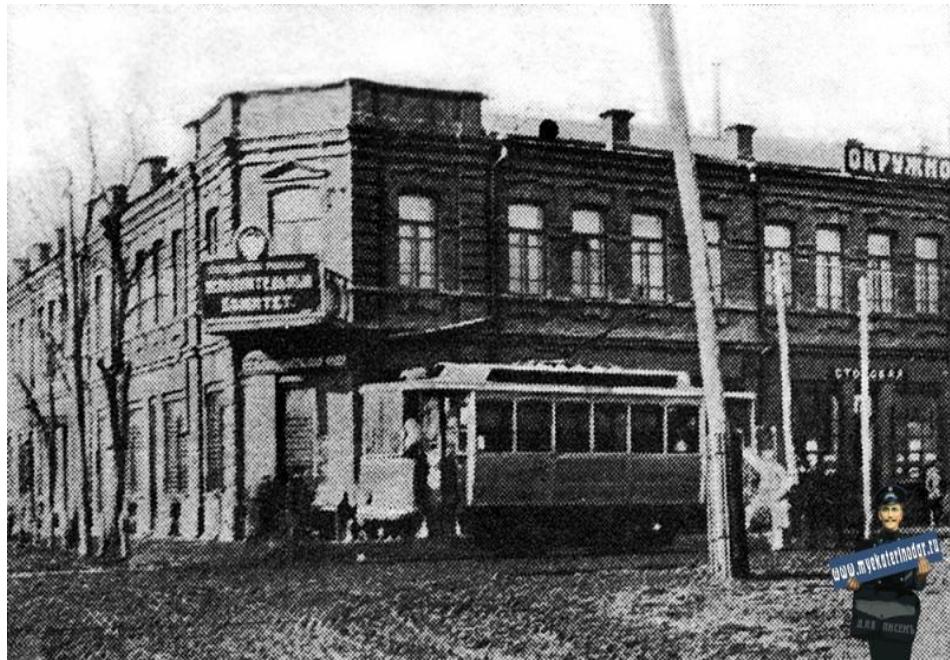


Рис. 2. Дом Крестьянина и Казака (доходный дом)

Его облик гармонично вписывался в рядовую застройку улицы, где соседствовали жилые особняки, торговые заведения и общественные здания. Однако, с течением времени, как и многие исторические постройки Краснодара, дом подвергся переделкам, утратив часть первоначального декора [3, 4].

Доходный дом был построен в стиле эклектики с элементами модерна и переплетается с кирпичным стилем, характерного для архитектуры конца XIX – начала XX века. Фасад здания богато декорирован лепниной: гирлянды, розетки и строгие геометрические орнаменты соседствуют с имитациями колонн и пилasters, отсылая к классицизму и барокко. Плавные линии и природные мотивы: в некоторых деталях (например, в оформлении оконных проёмов или кованых элементах) были изогнутые формы и растительные узоры, характерные для раннего модерна. Особенностью здания является открытая кирпичная кладка нижних ярусов, выполненная из красного кирпича без штукатурки, что подчёркивало текстуру материала и экономило средства при строительстве [5–7].

**2. Процесс реставрации.** Первым этапом было изучение старых чертежей, фотографий и документов. Однако чертежей не сохранилось, только старое фото (рис.2). Поэтому был принят творческой подход к реконструкции. Это предполагало воссоздание ключевых элементов фасадной композиции, таких как ритм оконных проемов, аттик, пилasters, лопаток и поясов, характерного для дореволюционной архитектуры города Екатеринодара.

В качестве основного технического решения выбрана система штукатурного фасада с применением негорючей базальтовой теплоизоляции на каменном основании. Это обусловлено необходимостью скрыть усиление кладки и обеспечить защиту наружных стен от атмосферных воздействий. Кирпич, полученный при демонтаже внутренних перегородок во время усиления здания, был вторично использован для восстановления парапетов и аттика (рис. 3) [4, 8, 9].

Еще одним важным элементом фасада стала обновленная фальцевая кровля и усиление приямка входа в подвал (вход сделан в советское время, когда подвал использовался как

бомбоубежище). Конструкция кровли выполнена в виде перголы, где ритм вертикальных элементов вторит ритму лопаток на фасаде [5, 10].



Рис. 3. Вид доходного дома после реконструкции

**3. Инновационные материалы для реконструкции.** В ходе реконструкции доходного дома были применены передовые технологии и материалы для обеспечения долговечности и сохранения исторического облика здания [6, 11–13]:

1. Гидрофобизация фасада: использованы силикон-акриловые гидрофобизаторы нового поколения, обеспечивающие защиту от атмосферных осадков и солевой коррозии без изменения внешнего вида фасада.

2. Укрепление кирпичной кладки: нано-кремнезём применялся для пропитки кирпича, значительно укрепляя структуру кладки и предотвращая проникновение влаги.

3. Реставрация лепнины: для сохранения и восстановления декоративных элементов фасада использовались специализированные реставрационные силиконы.

4. Усиление несущих конструкций: применены композитные материалы, такие как базальтопластиковая арматура для укрепления фундамента и перекрытий (благодаря высокой устойчивости к коррозии) и углеродное волокно в виде сеток и лент, для усиления несущих стен и сводов, минимизирующая дополнительную нагрузку на конструкцию.

При реконструкции кровли была обновлена стропильная система, была заменена старая кровля на новую фальцевую кровлю с полной заменой утеплителя и гидроизоляционной слоя в виде гидроизоляционной мембранны [14–16].

**Вывод.** Негативной чертой существующей застройки исторического поселения регионального значения города Краснодара являются ветхие здания и сооружения, заброшенные территории, разрушающиеся объекты культурного наследия в следствии их недобросовестной эксплуатации. После реконструкции здание доходного дома обрело современный облик, гармонично сочетающийся с его эклектичным характером. Применение передовых материалов не только увеличило долговечность конструкции, но и обеспечило зданию новую полезную функциональность. Использование современных технологий и строительных материалов повысило устойчивость к внешним воздействиям и снизило потребность в частом обслуживании. В настоящее время в здании находятся коммерческие компании, занимающиеся арендой и управлением собственным или арендованным нежилым недвижимым имуществом.

Таким образом, благодаря реконструкции на основе тщательного исторического анализа воссоздается облик исторического поселения, создаются благоприятные условия для развития туризма и актуального использования исторических зданий. Тем самым, сохранивая архитектурные особенности и обновляя внешний вид зданий исторического поселения, необходимо разработать единую концепцию развития архитектурно-градостроительной среды центра города Краснодара, удовлетворяющую потребностям современного общества, но сохраняющую самобытность и историческую память города.

#### Библиографический список

1. 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.
2. Приказ администрации Краснодарского края «Об утверждении предмета охраны, границ территории и требований к градостроительным регламентам в границах территории исторического поселения регионального значения город Краснодар Краснодарского края» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/553128790> (дата обращения: 10.09.2025).
3. Бондарь В.В. Архитектурное наследие Екатеринодара–Краснодара: историко-культурный аспект // Краснодар: Традиция, 2018. 320 с.
4. Официальный сайт проекта реставрации Доходного дома на ул. Кирова [Электронный ресурс]. URL: <https://archi.ru/projects/russia/17269/delovoi-dom-na-kirova> (дата обращения: 11.09.2025).
5. 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.
6. Трёхбратов Б.А. Екатеринодар–Краснодар: Два века города в данных, событиях, воспоминаниях // Краснодар: Книжное издательство, 2019. 480 с.
7. Юсупов А.Р. Оценка сейсмостойкости и сейсмоустойчивости железобетонных каркасных зданий и сооружений методом предельного равновесия // Экономика и социум. 2022. № 11(102). С. 27–32.
8. 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.
9. Шнурникова Е.П., Горзова С.П., Кононенко В.В. Реконструкция городской застройки с учетом доступности маломобильных групп населения на примере г. Краснодара // Вестник МГСУ. 2024. № 7. С. 1069–1078.
10. Архипович В.В., Шнурникова Е.П. Современные технологии в сфере реконструкции и реставрации объектов культурного наследия г. Краснодара // Наука. Техника. Технологии. 2022. № 4. С. 29–32.
11. Селихов А.Г. Реконструкция и реабилитация как метод сохранения архитектурного наследия // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сборник статей 79-ой всероссийской научно-технической конференции. Самара: Самарский государственный технический университет, 2022. С. 96–102.
12. Черных А.В. Ревитализация пространства как способ сохранения культурных ценностей // Искусствоведение и дизайн в современном мире: традиции и перспективы: сборник материалов Всероссийской XV научно-практической конференции молодых учёных. Тамбов: Издательский дом «Державинский», 2022. С. 64–69.
13. Шнурникова Е.П., Фадеева А.М. Современные тенденции в реставрации на примере дома Наркомфина в городе Москва // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. № 1(34). С. 19–24.
14. Вогель М.С. Современные тенденции реконструкции городов с учётом ландшафтных аспектов // Город, пригодный для жизни: материалы V Международной научно-практической конференции. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2023. С. 86–91.
15. Шнурникова Е.П., Вибе А.Д. ГЭС-2 в Москве как уникальное культурное пространство // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. №1 (34). С. 25–31.
16. Шнурникова Е.П., Трусова Е.А. Применение инновационных материалов на примере реконструкции «Театрального дома» в городе Москве // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. №3 (36). С. 6–10.

Для цитирования: Шнурникова Е.П., Захарченко Б.А. Воссоздание исторического центра города Краснодара на примере реконструкции доходного дома // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. № 4(41). С. 6–10.

# АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 725.949

## РАЗМЕЩЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБЪЕКТОВ В ПАРКОВЫХ ЗОНАХ НА ПРИМЕРЕ УНИВЕРСИТЕТСКОГО ПАРКА ГОРОДА ВЛАДИВОСТОКА

А. А. Охотина, С. Е. Тлустая

*Дальневосточный федеральный университет*

*А. А. Охотина, студент кафедры проектирования архитектурной среды и интерьера  
Россия, г. Владивосток, тел. +7(913)812-80-46, e-mail: okhotina.aa@dyfu.ru*

*С. Е. Тлустая, доцент кафедры проектирования архитектурной среды и интерьера  
Россия, г. Владивосток, тел. +7 (963)836-49-06, e-mail: tlustaya.se@dyfu.ru*

**Постановка задачи.** Исследование современных подходов к проектированию и размещению цифровых малых архитектурных форм (МАФ) в городской рекреационной среде – парковых зонах – является актуальной задачей. Необходимо рассмотреть принципы интеграции инновационных технологий в ландшафтное пространство, включая создание интерактивных и навигационных объектов, цифровых информационных панелей, элементов освещения.

**Результаты.** Приведены рекомендации по выбору оптимальных мест размещения цифровых МАФ с учётом функциональности зон парка, потребностей различных групп населения и требований устойчивого развития территории. Проанализированы вопросы эргономики, безопасности и эстетического восприятия.

**Выводы.** В результате проведенных исследований обоснована необходимость комплексного подхода к разработке проектов цифровой инфраструктуры, способствующей повышению привлекательности городских зелёных пространств и улучшению качества жизни горожан.

**Ключевые слова:** парк, цифровые формы, малые архитектурные формы, арт-объект, реконструкция, туризм.

**Введение.** В современных городах стремительный ритм жизни требует особого внимания к созданию комфортных городских пространств, учитывающих природные и географические особенности местности. Изменение образа жизни современного человека сопровождается сложностью организации не только визуально привлекательных, но и функциональных территорий [1].

Формирование современной среды должно включать внедрение малых архитектурных форм (МАФ) с использованием инновационных решений, направленных на повышение удобства и привлекательности общественных пространств.

Успех общего вида благоустройства ландшафта и производимое им впечатление зависят, главным образом, от рационального и продуманного проектирования малых архитектурных форм: их соответствия современным техническим стандартам, органичности в общей концепции проекта, успешного сочетания с архитектурой и зелеными зонами [2, 3]. Важно, чтобы такие сооружения удачно интегрировались в окружающую среду, подчеркивая её достоинства и формируя целостный образ территории [4].

Кроме того, современные требования к малым архитектурным формам включают удобство эксплуатации, возможность подключения к сети Интернет и прочие технологические аспекты. К современным малым архитектурным формам относятся цифровые объекты – цифровые МАФ.

**1. Категории цифровых объектов.** Современные МАФ представляет собой процесс внедрения цифровых технологий в традиционные элементы городской среды. Цифровые МАФ обеспечивают взаимодействие пользователей с информацией, услугами и сервисами посредством электронных устройств и интерфейсов [5]. Для классификации цифровых МАФ предлагается следующая структура, состоящая из 5 категорий.

Первая категория – информационная: электронные табло и экраны с расписанием транспорта, картами местности, новостями (рис. 1); QR-коды и NFC-метки для предоставления дополнительной информации о флоре и фауне парка, а также возможность получить дополнительную информацию об исторических фактах, достопримечательностях, мероприятиях, услугах и пр. [6, 7].



Рис. 1. Пример информационной панели

Цифровые технологии существенно обогащают впечатления посетителей. Использование мобильных приложений, технологий дополненной реальности и виртуальной реальности позволяет улучшить интерактивные элементы парка, предоставляя посетителям незабываемые ощущения. Цифровые системы продажи билетов, интерактивные карты и оперативная информация в режиме реального времени значительно упрощают посещение парка, снижают время ожидания и делают пребывание комфортным и приятным [8].

Вторая категория – безопасность и контроль: камеры видеонаблюдения с функцией распознавания лиц и анализа поведения; автоматизированные шлагбаумы и турникеты с электронными пропусками; терминалы экстренной связи («SOS») с прямой связью с диспетчерскими центрами и службами спасения (рис. 2).

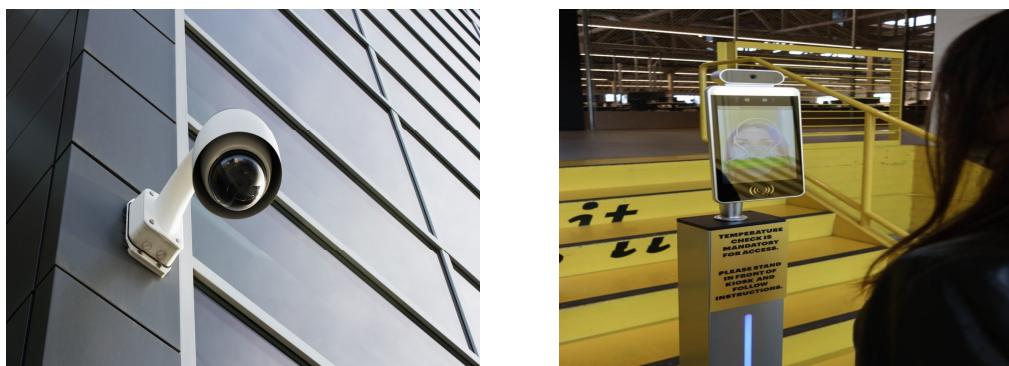
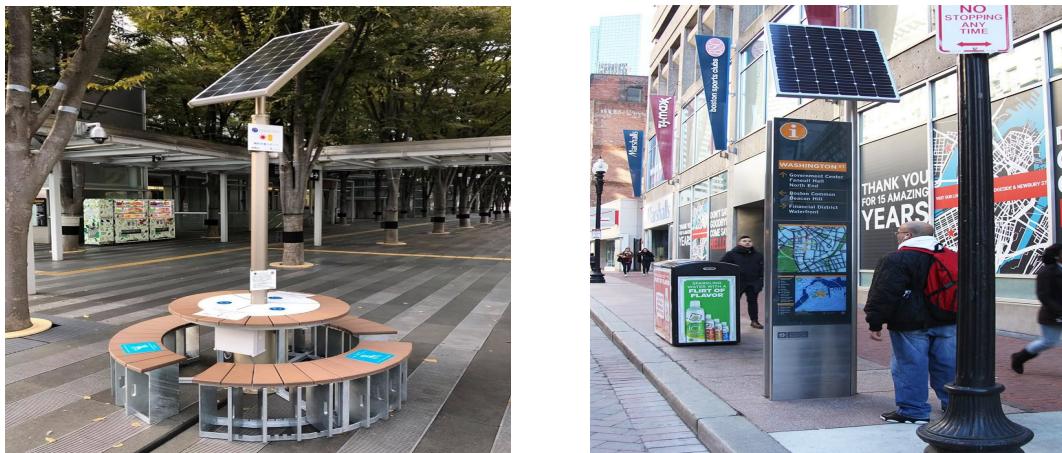


Рис. 2. Службы безопасности: система видеонаблюдения и распознавания лиц

Третья категория – экологическая: умные мусорные контейнеры с датчиками заполненности и системами оповещения служб уборки; солнечные батареи и ветроустановки для автономной работы небольших объектов (рис. 3).



**Рис. 3.** Точки доступа к высокоскоростному интернету и возможность зарядки мобильных устройств

Четвертая категория – интерактивная: площадки для детей с элементами дополненной реальности, сенсорные терминалы, точки бесплатной выдачи воды, зарядки гаджетов, обмена книгами.

Пятая категория – навигационная: электронные табло и указатели с динамической информацией о маршрутах общественного транспорта, дорогах и объектах; светодиодные индикаторы и карты с подсказками маршрута движения [9].

Особо следует отметить современные направления при проектировании территорий. Одним из них является применение адаптивных материалов. Адаптивные материалы обладают способностью самостоятельно корректировать свои физико-механические свойства при изменениях окружающей среды. На сегодня существует множество различных материалов, которые можно было бы использовать для любых видов строительства [10].

**2. Критерии размещения.** При выборе места и форм размещения объектов ключевыми факторами выступают [11]:

- географический – рельеф местности и особенности климата, наличие водоемов и зеленых насаждений [12, 13];
- парковые и архитектурные стили;
- транспортный – близость остановок общественного транспорта и парковок, доступность автомобильных дорог и велосипедных маршрутов;
- назначение функционального зонирования парка [14];
- эстетический – гармонизация с окружающими объектами и средой [15].

Особое внимание уделяется решению вопросов освещения территории. Грамотно организованное утилитарное освещение способствует безопасной навигации по парковым тропинкам и аллеям в темное время суток, создавая удобные условия для передвижения пешеходов. Эстетические функции выполняет декоративное освещение – различные подсветки сооружений, скульптур, малых архитектурных форм, элементов озеленения и цветочного оформления [16, 17].

**3. Внедрение МАФ в окружающую среду.** С учетом вышесказанного, можно предложить следующий проект размещения МАФ, в том числе цифровых, на конкретном примере. В качестве объекта внедрения рассмотрим Университетский парк города Владивостока.

Проект сохраняет уникальную историческую атмосферу и культурную идентичность территории; обеспечивает комфортное пребывание посетителей благодаря внедрению современных элементов МАФ, которые органично дополняют природный ландшафт и архитектурный облик парка.

Рассматриваемая территория Университетского парка расположена вблизи главного корпуса Дальневосточного федерального университета по адресу: Аякс, остров Русский, Приморский край. Площадь участка составляет около 80 000 кв. м. Парк представляет собой благоустроенную зону отдыха для студентов, преподавателей, сотрудников, жителей и гостей города. Территория отличается разнообразием природной среды, наличием естественных и искусственных водоемов, аллей и открытых площадок для отдыха. Главной точкой визуального притяжения является флагшток с российским триколором, возвышающимся над территорией кампуса (рис. 4).



Рис. 4. Фотофиксация Университетского парка

В центральной части аллеи находятся информационные стенды, скамейки, фонари и цветочные клумбы. В северной части расположен пруд и несколько мостиков. Преобладающий материал элементов благоустройства – бетон. Все дорожки и пешеходные маршруты закольцованы между собой для удобного передвижения. На рисунке 5 представлена схема зонирования территории Университетского парка.

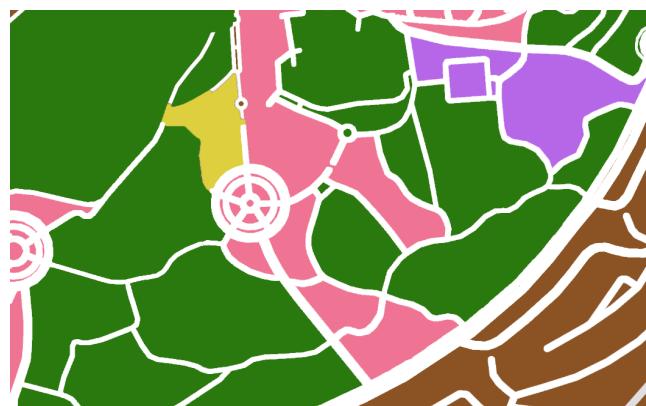


Рис. 5. Схема зонирования территории: розовый цвет – зона культурно-массовых мероприятий; синий – спортивно-оздоровительная зона; зеленый – тихого отдыха; желтый – хозяйственная зона

Растительный мир парка на острове Русском разнообразен. Здесь сочетаются элементы естественной природы Приморского края и специально высаженных декоративных растений.

К естественным относятся: хвойные породы (сосна обыкновенная, сосна корейская, пихта белокорая и т.д.); лиственные (липа, боярышник, ива, ясень маньчжурский, дуб монгольский, граб и т.д.); кустарники (рододендрон даурский, барбарис амурский, бузина, жимолость Маака и т.д.). К специально-высаженным растениям – форзиция, спирея японская, рододендрон японский, гортецция, калина Бульденеж, сирень венгерская, каталпса и другие.

На основании проведенного анализа парка, предложен план размещения МАФ (рис. 6). Объекты рассредоточенно расположены на территории.



**Рис. 6.** План размещения объектов на территории Университетского парка: красный цвет – информационные объекты; синий – навигационные объекты; зеленый – экологические объекты; желтый – интерактивные объекты; серый – безопасность и контроль

Информационная инфраструктура включает современные информационные панели, подробно рассказывающие о видах птиц и животных, обитающих на данной территории. Панели оснащены системой воспроизведения звуков птиц, обеспечивающей полное погружение посетителей в окружающую природу. Для удобства пользователей установлен цифровой экран с функцией аудиовоспроизведения, позволяющий легко находить необходимую информацию людям различных возрастных групп и физических возможностей.

Навигационные указатели, помогающие посетителям ориентироваться и определяющие названия объектов инфраструктуры, расположены на основных точках пересечения пешеходных тропинок.

Элементы экологической малой архитектуры, такие как урны и контейнеры для раздельного сбора отходов, распределены равномерно по всей территории парка: вблизи основных входов и выходов, а также непосредственно внутри лесных участков.

Интерактивные объекты, предназначенные для повышения комфорта пребывания и развлечения посетителей, установлены в наиболее оживленных зонах парка: центральные скверы, зоны возле прудов и смотровых площадок. Среди интерактивных элементов представлены автоматы с кормом для рыбы, мультимедийные стенды с виртуальной проекцией, позволяющие ощутить погружение в среду, и книжные шкафы с литературой для чтения на свежем воздухе.

Для обеспечения быстрой помощи и безопасности предусмотрены средства оперативного реагирования: специальные кнопки вызова экстренных служб, расположенные вблизи центральных маршрутов, доступные аптечки первой медицинской помощи и пункты связи с администрацией парка. Эти меры направлены на повышение уровня безопасности и

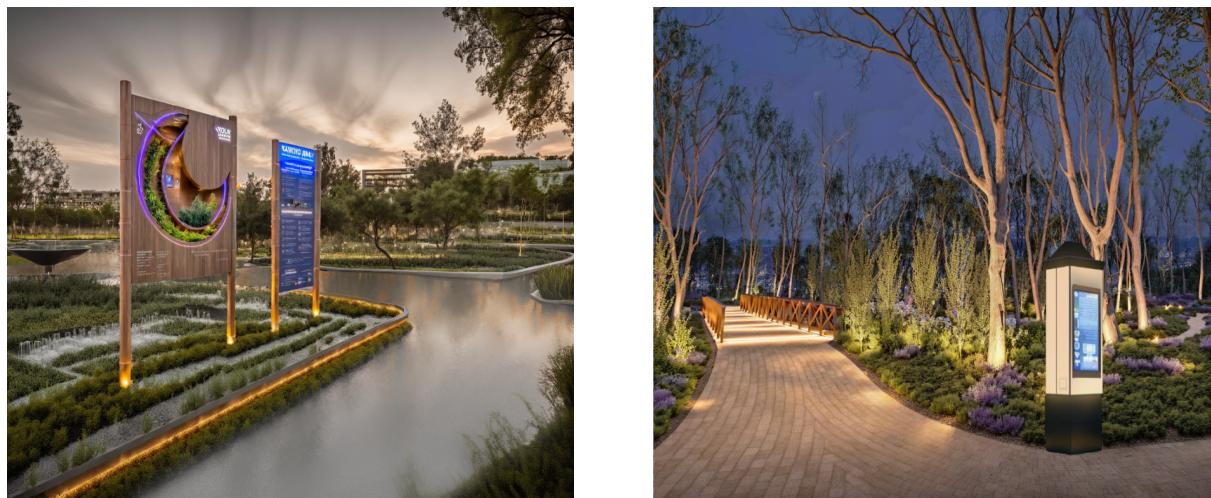
комфортности пребывания всех категорий посетителей парка. На наиболее оживленных участках установлены камеры видеонаблюдения, оснащенные функцией распознавания и фиксации лиц. Расположены теплые лавочки с опцией подключения и зарядки мобильных устройств.

Эстетичное декоративное освещение, создающее уютную атмосферу и обеспечивающее комфортное передвижение по парку даже в тёмное время суток, способствует улучшению ориентации посетителей в пространстве и повышает уровень общей безопасности территории. Разнообразие цветового и светового оформления позволяет добавить красок и создавать различное настроение посетителям. Фонари оборудованы встроенным солнечными панелями, позволяющими накапливать энергию в течение светового дня и обеспечивать автономное бесперебойное освещение в вечернее и ночное время, минимизируя энергозатраты и способствуя экологичности городской инфраструктуры.

Кроме того, пространство сохраняет разноплановые виды и уникальные композиции из растений и цветов, гармонично объединяя природные красоты и архитектурные решения в целостный ансамбль, позволяющий достичь гармонии и целостности проекта [18, 19].

Для данного проекта выбрана минималистическая стилистика: простота и лаконичность элементов и форм, нейтральность цветовых решений и теплое декоративное освещение характеризуют минималистический ландшафтный дизайн.

Так, на рисунке 7 представлена визуализация разработанного проекта парковых мест. Природные ландшафты и архитектурные акценты делают парковое пространство интеллектуально насыщенным и разнообразным. Удобная система дорожек и тропинок обеспечивает доступность рекреационных зон круглый год, включая маломобильные группы населения. Художественная подсветка не только повышает уровень безопасности в вечернее время, но и дарит гостям эстетическое наслаждение благодаря грамотно подобранному световому оформлению.



**Рис. 7.** Визуализация проекта МАФ Университетского парка г. Владивостока

Основополагающим принципом каждого паркового проекта должно стать бережное отношение человека к природе и стремление обрести близость к естественной среде обитания прямо рядом с домом [20, 21].

Рассмотрим основные критерии выбора местоположения цифровых МАФ.

1. Эстетика и интеграция с окружающим пространством. Стремление к гармоничному сочетанию конструкций с окружающей естественной и искусственной средой. Особенно тщательно прорабатываются проектные варианты в зелёных зонах и природных

территориях. Для этого желательно выбирать материалы в приглушённых оттенках палитры, которые интегрируются в ландшафт, сохраняя эстетику природного окружения.

## 2. Функциональность и практичность:

- наличие необходимой технической инфраструктуры: выбор мест, где возможно подключение к электросети и стабильному Интернету для бесперебойной работы оборудования;
- безопасность эксплуатации: установка должна исключать риски повреждений оборудования вследствие механических воздействий или случайных действий третьих лиц.

## 3. Учет внешних факторов:

- климатические условия: конструкция должна быть защищена от неблагоприятных погодных явлений, таких как дождь, снегопад, град, ветер;
- территориальная доступность: размещение должно соответствовать удобству разных групп населения (например, близость остановок общественного транспорта).

4. Проходимость потока посетителей. Выбор местоположений должен учитывать количество потенциальных пользователей и интенсивность передвижения людей в данной зоне. Оптимальным считается расположение цифровых МАФ там, где высока концентрация посещаемости жителями и гостями города.

## 5. Учет классификации функциональных зон размещения:

- образовательная зона – МАФ, располагающиеся вблизи школ, вузов, научно-исследовательских институтов, культурных площадок и музеев, повысят интерес молодёжи к науке, культуре и краеведению путём предоставления актуальной и интересной информации;
- коммерческая зона – на территориях торговых площадей и ярмарочных мероприятий целесообразно размещать электронные карты городов, интерактивные афиши мероприятий и рекламные баннеры, способствующие привлечению новых клиентов и развитию малого бизнеса;
- спортивная зона – установка вдоль беговых дорожек, велосипедных маршрутов, на площадях фитнес-клубов и спортплощадок. Доступная круглосуточно информация о спортивном оборудовании, полезных мероприятиях, занятиях спортом;
- туристическая зона – цифровые МАФ, расположенные рядом с памятниками архитектуры, музеями, историческими местами, станут удобным источником информации и способствуют популяризации туристических направлений;
- эко-пространства – установка цифровых объектов в парковых зонах, заповедниках, ботанических садах повысит осведомлённость посетителей о сохранении природы и обеспечит доступ к актуальным данным о состоянии окружающей среды.

Помимо указанных критериев, регулярный мониторинг состояния установленных МАФ и обратная связь от посетителей поможет сохранять место актуальным. Необходимо проводить своевременное обновление технических компонентов, адаптируя содержание программного обеспечения и функционал цифровых МАФ под нужды сообщества [21, 22].

**Выводы.** Таким образом, комплексный подход к выбору мест размещения цифровых малых архитектурных форм обеспечит максимальный эффект от внедрения современных технологий в парковых зонах, создавая комфортные условия для жизни и развития общества.

Цифровые технологии открывают новые горизонты в создании общественных пространств. Внедрение цифровых МАФ, таких как информационные стелы, урны с датчиками наполнения, автоматы и средства обеспечения безопасности посетителей, поможет сделать городские и рекреационные пространства удобными, безопасными и экологически устойчивыми. Проектирование и внедрение цифровых объектов требует учета специфики каждой конкретной территории, потребностей местных сообществ и тенденций развития общества.

Результаты данной работы имеют практическую значимость для специалистов в области градостроительства, дизайнеров-архитекторов среды, ландшафтного дизайна и ИТ-индустрии, способствуя созданию экологически устойчивых и технологически продвинутых общественных пространств. Парки будущего станут не только зелеными зонами отдыха, но и центрами инноваций, способствующими улучшению городской среды и качества жизни.

#### Библиографический список

- Сокольская О.Б., Теодоронский В.С., Вергунов А.П. Ландшафтная архитектура: специализированные объекты. М. : Издательский центр «Академия». 2008. 224 с.
- Моторина Ю.В., Москвин Н.А. Формирование пространства университетских кампусов с целью создания благоприятных условий с учетом современных требований и развития в структуре города // Вестник РУДН. 2013. №5. С. 76–84.
- Романов Д.А., Урюпина Ю.А. Специфика предметного наполнения велопешеходного маршрута на примере маршрута вдоль Петергофской дороги // Системные технологии. №2 (51). 2024. С. 72–77.
- Основы ландшафтно - средового проектирования: ландшафтная организация рекреационного объекта / О.Г. Иванова, Г.Е. Игнатов, А.В. Копьёва, О.В. Масловская, О.В. Храпко. Владивосток: Владивостокский государственный университет экономики и сервиса. 2020. 226 с.
- Воличенко О.В., Цурик Т.О. «Умный ландшафт» городского парка // Academia. Архитектура и строительство. 2023. №4. С. 118–125.
- Лапиной - Кратасюк Е., Запорожец О., Возьянова А. Сети города: Люди. Технологии. Власти. М.: Новое литературное обозрение. 2021. 576 с.
- Тлустая С.Е., Аношкина Т.Ю. Современные тенденции в проектировании рекреационных зон города Владивостока // Наука и Инновации, современные концепции: сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума. Москва. 2020. С. 85–90.
- Шимко В.Т. Архитектурно-дизайнерское проектирование городской среды. М.: Архитектура - С. 2006. 384 с.
- Горохов В.А. Зеленая природа города. М.: Архитектура - С. 2005. 528 с.
- Ковалева Ю.М., Некрасова Д.А. Особенности проектирования парков в условиях полярной климатической зоны // Ландшафтная архитектура и формирование комфортной городской среды: материалы XVI региональной научно-практической конференции. 2020. С. 54–60.
- Лунц Л.Б. Городское зеленое строительство: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Стройиздат. 1974. 275 с.
- Воскресенская А.И. Колористическая организация открытых пространств как средство создания визуальной комфортной городской среды // Лесной Вестник. 2015. №5. С. 66–70.
- Щепетков Н.И. Светодизайн города и интерьера: учеб. пособие для высших учебных заведений. Архитектура - С. Москва. 2021. 456 с.
- Narboni R. Lighting the landscape: art, design, technologies. Basel.: Birkhauser, 2004. 232 p.
- Тлустая С.Е. Декоративно-цветочное оформление в ландшафтном дизайне // Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального университета. 2021. С. 28–29.
- Бакаева Н.В., Черняева И.В. Алгоритм оценки градостроительной деятельности на основе принципов биосферной совместимости // Градостроительство и архитектура. 2019. № 2(35). С. 5–14.
- Культурная идентичность городов: концептуальные подходы, бренды и глобальная конкурентоспособность / Н.А. Пашкус, В.Ю. Пашкус, Ю.М. Мальцева, Д.А. Куликова // Проблемы современной экономики. 2022. № 4(14). С. 55–63.
- Месенева Н.В. К вопросу использования малых архитектурных форм в дизайне городской среды // Современные научно-исследовательские технологии. 2016. № 8-2. С. 256–260.
- Маловичко Д.В., Труфляк И.С. Зеленая архитектура в г. Краснодаре [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48796231> (дата обращения: 06.08.2025).
- СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. М.: Минрегион России, 2016. 28 с.
- Новосельская В.А. Культурно-природный ландшафт как предмет комплексного анализа // Вестник Кемеровского государственного университета культуры и искусств. 2016. №37–1. С. 18–31.
- 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: Охотина А.А., Тлустая С.Е. Проектирование и размещение цифровых объектов в парковых зонах на примере Университетского парка в городе Владивостоке // Градостроительство. Инфраструктура, Коммуникации. 2025. № 4(41). С. 11–18.

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 620.1

## КОМПОЗИТНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ФУТЛЯРЫ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

М. А. Сахарова, Н. В. Колосова

*Воронежский государственный технический университет*

*М. А. Сахарова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(952)105-77-98, e-mail: mari.sakharova.04@mail.ru*

*Н. В. Колосова, канд. экон. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)207-22-20, e-mail: nkolosova@cchgeu.ru*

**Постановка задачи.** Одним из методов защиты трубопроводов от потенциальных нагрузок являются футляры. В работе оценены преимущества и продемонстрирован потенциал использования композитных футляров для трубопроводов. Проанализированы технические характеристики данного типа футляров, выявлены области наиболее эффективного их применения.

**Результаты.** Подтверждены преимущества композитных футляров по сравнению с традиционными материалами.

**Выводы.** В результате проведенных исследований установлены ключевые достоинства и недостатки эксплуатации композитных защитных футляров для стальных и полиэтиленовых газопроводов, выявлены и подтверждены преимущества в сравнении со стальными футлярами.

**Ключевые слова:** композитные материалы, футляр, газопровод, полимер, прочность, применение, защита.

**Введение.** Газопроводы являются важной инфраструктурой и подвергаются воздействию различных негативных факторов, приводящих к их износу и возникновению аварийных ситуаций. Для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации применяются различные методы защиты [1]. Наиболее распространенным методом является использование металлических футляров и защитных покрытий, однако они имеют ряд ограничений: например, подверженность коррозии, особенно в агрессивных грунтах. Коррозия может возникать как на внешней, так и на внутренней поверхности футляра. Так же металлические футляры имеют значительный вес, что усложняет транспортировку и монтаж. Установка тяжелых металлических футляров требует применения специальной техники и квалифицированного персонала, что увеличивает стоимость работ. Стоит упомянуть, что металлические футляры могут создавать пути утечки блуждающих токов, усиливая коррозию газопровода, если не предприняты меры по электрической изоляции [2].

Перечисленные ограничения традиционных методов защиты обуславливают необходимость более новых, эффективных и надежных решений. Одним из перспективных направлений является применение композитных защитных футляров, способных обеспечить долгосрочную защиту газопроводов от различных негативных факторов.

В настоящее время композитные материалы все шире применяются в различных отраслях промышленности благодаря своим уникальным свойствам, таким как высокая прочность, устойчивость к агрессивным средам, простота сборки и долгий срок эксплуатации. Таким образом, рассматриваемые материалы характеризуются целым комплексом полезных свойств [3]. В данной статье композитные футляры рассматриваются как перспективное решение для защиты стальных и полиэтиленовых газопроводов в местах пересечения с подземными и надземными сооружениями, автомобильными дорогами, железнодорожными и трамвайными путями.

**1. Технические характеристики.** Технические характеристики композитных защитных футляров определяют их способность эффективно выполнять свои функции по защите газопроводов от различных внешних воздействий. Так, например, основными преимуществами являются:

1) Срок эксплуатации. Прогнозируемый срок службы композитного футляра при соблюдении условий эксплуатации, указанных в технической документации, составляет 40–50 лет. Такой длительный срок эксплуатации значительно снижает затраты на замену и ремонт футляров в течение срока службы.

2) Отсутствие сварочных работ при монтаже и простота сборки. Футляр состоит из секций длиной 2 метра и устанавливается механическим способом без привлечения высококвалифицированного персонала. Соединения элементов футляра не требуют сварки и осуществляются с помощью болтов и муфт, что упрощает и ускоряет процесс монтажа.

3) Легче стальных аналогов. За счёт применяемых в конструкции полимеров, не требует привлечения техники при установке, а значит, может быть установлен в труднодоступных местах (например, под лотком теплосети).

4) Не требует коррозионной защиты. Материал композитного футляра не подвержен коррозии, что исключает необходимость применения дополнительных мер коррозионной защиты и допускает установку на все виды газопроводов, в грунтах любой коррозионной активности.

5) Экономия на стоимости жизненного цикла по сравнению со стальными аналогами. Экономия достигается за счет снижения затрат на транспортировку, монтаж, обслуживание, ремонт и замену футляра. Учитываются затраты на коррозионную защиту, сварочные работы, использование тяжелой техники и другие факторы.

6) Температура эксплуатации. Диапазон температур окружающей среды, при котором композитный футляр сохраняет свои механические и защитные свойства, в пределах допустимых значений: от минус 50 °С до плюс 100 °С. Широкий диапазон температур эксплуатации позволяет применять композитные футляры в различных климатических зонах, включая регионы с экстремально низкими и высокими температурами.

7) Не электропроводен. Защита от статического напряжения обеспечивается проводящими углеродными ламелями, встроенными во внутреннюю поверхность футляра.

8) Стойкость к агрессивным средам и к ультрафиолету. Допускается к установке на все виды газопроводов, в грунтах любой коррозионной активности. Материал футляра способен противостоять разрушительному воздействию ультрафиолетового излучения, содержащегося в солнечном свете [4].

**2. Сравнение состава и комплектации защитных футляров.** В данном разделе проведем сравнительный анализ состава материалов и комплектации стальных (как наиболее распространенных) и композитных защитных футляров, что позволит выявить ключевые отличия и преимущества композитных решений. Результаты сравнения приведем соответственно в таблицах 1 и 2.

Также в композитный футляр можно интегрировать датчики мониторинга состояния газопровода (например, датчики давления, температуры, влажности, обнаружения утечек), что является чрезвычайно актуальным вопросом [5, 6].

Таблица 1  
Состав материалов футляров

Характеристика	Стальной футляр	Композитный футляр
1	2	3
Основной материал	Углеродистая или низколегированная сталь	Композитный материал на основе полимерной матрицы и армирующих волокон
Антикоррозионная защита	Антикоррозионное покрытие (цинк, полимерные покрытия и пр.) Изоляционные материалы (битумные мастики и пр.)	Не требуется (материал обладает высокой коррозионной стойкостью)
Дополнительные элементы	Сварные швы. Крепежные элементы (стальные, подвержены коррозии)	Механические соединители (хомуты, муфты) из нержавеющей стали или композитных материалов, устойчивых к коррозии

Возможно изготовление футляров нестандартных размеров и форм. Композитные материалы позволяют изготавливать футляры, адаптированные к конкретным условиям эксплуатации и требованиям проекта.

Таблица 2  
Комплектация футляров

Элемент	Стальной футляр	Композитный футляр
1	2	3
Секции футляра	Цельная труба (для небольших диаметров) или несколько секций, соединяемых сваркой (для больших диаметров)	Несколько секций, соединяемых механическими соединениями (болты, муфты, хомуты)
Торцевые заглушки	Стальные (сварные или на болтах)	Композитные или полимерные (на болтах или с использованием герметизирующих соединений)
Центрирующие элементы (для фиксации газопровода внутри футляра)	Стальные опоры или кольца (требуют дополнительной изоляции для предотвращения коррозии)	Полимерные или композитные опоры/кольца (не требуют дополнительной изоляции)
Вентиляционные патрубки (при необходимости)	Стальные (требуют коррозионной защиты)	Полимерные или композитные (устойчивы к коррозии)

**3. Сравнение процессов монтажа защитных футляров.** Одним из ключевых преимуществ композитных защитных футляров является возможность установки на уже существующие газопроводы, что значительно упрощает процесс монтажа по сравнению с традиционными стальными футлярами.

Монтаж стального футляра требует предварительной подготовки траншеи, в которую укладывается футляр. Затем, уже внутри футляра прокладывается новая секция газопровода. Иными словами, газопровод не может быть просто помещен внутрь уже установленного стального футляра, особенно если это длинный или сложный участок.

Установка стального футляра поверх действующего газопровода практически невозможна без серьезных земляных работ и нарушения целостности газопровода (рис. 1). Процесс требует привлечения тяжелой техники, сварочных работ и квалифицированного персонала, что увеличивает стоимость и сроки выполнения работ. Например, при строительстве новой автомобильной дороги, пересекающей существующий газопровод, необходимо выкопать траншею, установить стальной футляр, проложить новый участок газопровода внутри футляра и столько после этого засыпать траншею и продолжать строительство дороги [7–9].

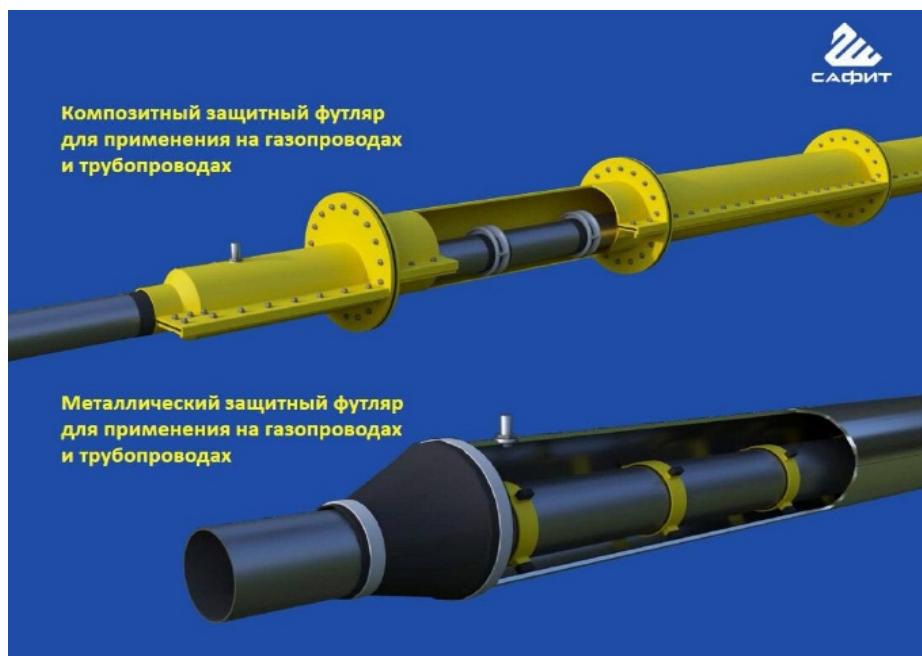


Рис. 1. Сравнение установки металлического и композитного футляров

Композитные футляры, благодаря своей конструкции, часто могут быть установлены непосредственно поверх существующего газопровода, без необходимости его демонтажа или приостановки газоснабжения. Это особенно актуально в случаях, когда требуется срочно защитить газопровод, например, при начале производства строительных работ вблизи трассы газопровода.

При строительстве новой дороги над существующим газопроводом установить композитный футляр можно непосредственно поверх газопровода, обеспечив его защиту от механических повреждений и нагрузки от дорожного полотна (рис. 2а). Футляр собирается из отдельных сегментов, которые соединяются вокруг трубы (рис. 2б).

Возможность установки на действующие газопроводы – это главное преимущество, позволяющее быстро и эффективно защитить газопровод без прерывания газоснабжения [5].

Основные сравнительные характеристики двух видов футляров приведены в таблице 3.



Рис. 2. Композитный защитный футляр: а – установленный на действующий газопровод; б – в разрезе

Таблица 3

Основные сравнительные характеристики футляров

Характеристики	Стальной футляр	Композитный футляр
1	2	3
Установка на существующий газопровод	Невозможна без остановки газоснабжения и масштабных земляных работ	Возможна без остановки газоснабжения и с минимальными объемами земляных работ
Подготовка	Требуется подготовка траншеи, сварочные работы	Требуется минимальная подготовка поверхности
Сложность монтажа	Высокая, требуется тяжелая техника и квалифицированный персонал	Низкая, требуется минимальный набор инструментов и персонал с базовыми навыками
Время монтажа	Значительно больше	Значительно меньше

**4. Испытания композитных защитных футляров.** Испытания композитных защитных футляров позволяют оценить термическую стойкость, герметичность и другие их важные эксплуатационные характеристики.

Механические испытания помогают определять прочность и жесткость футляра под статической нагрузкой, имитирующей давление грунта или другие внешние воздействия. Так, например, испытания производятся через верхний ложемент, который последовательно нагружают. На каждом этапе выполняется приборный и визуальный контроль всех поверхностей футляра [10, 11].

Испытания на внутреннюю герметичность помогают определять способности футляра предотвращать проникновение воды или газа в пространство между футляром и газопроводом. После полной сборки футляра с уплотнителями и установкой на муфту контрольной трубы, производится опрессовка футляра на герметичность давлением 7 кПа.

**5. Недостатки и ограничения использования.** Стоит отметить и существующие недостатки рассматриваемых материалов. Одним из главных аспектов оценки является экономическая составляющая, так как производство данных изделий стоит значительно дороже традиционных стальных футляров. Также композитные материалы значительно уступают по прочностным характеристикам, таким как, например, ударные нагрузки, которые особенно ощущимы при низких температурах наружного воздуха. Локальные перегрузки, которые иногда не представляется возможным учесть при проектировании, также негативно влияют на эксплуатацию рассматриваемого материала. Все эти факторы могут повлечь за собой образование как явных, так и скрытых дефектов [12, 13].

Важным фактором является четкое соблюдение процесса производства композитного материала, к которому можно отнести корректное соотношение компонентов состава и их равномерность распределения.

**Выводы.** В данном материале представлен выполненный анализ достоинств и недостатков композитных материалов для изготовления защитных футляров на газопроводы. В ходе анализа стало очевидным, что рассматриваемые материалы обладают значительным рядом преимуществ перед традиционно используемыми материалами. К таковым можно отнести устойчивость к агрессивным условиям эксплуатации, что продлевает срок службы изделия и влечет за собой повышение надежности и долговечности работы систем газоснабжения в целом.

#### Библиографический список

1. Подземные газопроводы и сооружения на них: Справочник газовика : справочник / А.В. Мажинский, А.Г. Шевцов, В.Н. Лагойский [и др.]. Минск : ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ», 2018. 148 с.
2. Техническое диагностирование, обслуживание и ремонт газотранспортных систем : учеб. пособие / С.В. Китаев, Р.Р. Фарухшина, О.Е. Смирнов [и др.]. Уфа : УГНТУ, 2022. 134 с.
3. Люкшин Б.А. Композитные материалы. Москва : ТУСУР, 2012. 101 с.
4. Сосенушкин Е.Н. Технологические процессы и инструменты для изготовления деталей из пластмасс, резиновых смесей, порошковых и композиционных материалов : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2022. 300 с.
5. Чудинов Д.М., Колосова Н.В., Бочарников В.Л. Экспериментальные исследования изменений прочностных характеристик теплопроводов в процессе эксплуатации // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2010. № 2(3). С. 104–107.
6. 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.
7. Гладышева Т.Ю., Петрикеева Н.А. Основные направления реконструкции инженерных систем зданий и сооружений // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2016. № 2(23). С. 14–21.
8. Копытина Е.А., Петрикеева Н.А., Чудинов Д.М. Реализация программы расчета для оптимизации трассировки тепловых сетей // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2022. № 2 (21). С. 63–73.
9. Хомутский В.А., Колосова Н.В. Вариативность автоматизированного проектирования систем теплогазоснабжения // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. № 3(40). С. 27–31.
10. Оценка технического состояния тепловых сетей в РФ / Н.М. Попова, В.Е. Таран, Н.А. Петрикеева, Д.М. Чудинов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 1 (22). С. 16–21.
11. Повышение противокоррозионных свойств нефтехимического и газового оборудования / Е.Г. Усачев, А.В. Добычин, М.М. Островская, Н.А. Петрикеева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2019. № 1 (14). С. 22–28.
12. Влияние воздушных линий переменного тока на стальные трубопроводы / А.А. Пискунков, Е.А. Копытина, П.А. Чудинова, Н.А. Петрикеева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2019. № 3 (16). С. 42–46.
13. Копытина Е.А., Петрикеева Н.А. Оптимизация стоимости доставки ресурсов при строительстве инженерных коммуникаций // BIM. Проектирование. Строительство. Эксплуатация: материалы Всероссийского форума. Под редакцией Д.К. Проскурина. 2018. С. 51–55.

Для цитирования: Сахарова М.А., Колосова Н.В. Композитные защитные футляры трубопроводных систем // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. №4. С.19–24.

## АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМ ГАЗИФИКАЦИИ РЕГИОНОВ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

А. С. Самофалова, И. Ю. Брехин

*Воронежский государственный технический университет*

*А. С. Самофалова, ассистент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(906)674-27-17, e-mail: samofalova.94@bk.ru*

*И. Ю. Брехин, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(919)181-19-20, e-mail: ilya.net77@yandex.ru*

**Постановка задачи.** Сибирский федеральный округ испытывает ряд проблем с устойчивым энергообеспечением. Данная ситуация является достаточно противоречивой и требует рассмотреть основные проблемы газификации Сибирского федерального округа (СФО), проанализировать существующие государственные программы и пути решения проблем.

**Результаты.** Проанализированы основные проблемы и пути решения газификации Сибирского федерального округа, отмечены основные статистические данные.

**Выводы.** В результате проведенных исследований установлены ключевые проблемы газификации СФО, сформулирован основной подход для решения поставленной задачи, способствующий решению общих стратегических задач государственной политики.

**Ключевые слова:** газификация, регионы, Сибирский федеральный округ, топливно-энергетический баланс, энергетическая безопасность, магистраль.

**Введение.** Сибирский федеральный округ (СФО), являясь стратегическим ресурсным донором российской экономики, демонстрирует парадоксальную ситуацию в сфере энергообеспечения. Несмотря на колоссальные запасы природного газа, макрорегион критически отстает по уровню газификации от центральной части России. Данное противоречие формирует комплекс серьезных социально-экономических и экологических вызовов, сдерживающих комплексное развитие СФО [1–4].

Целью данной статьи является выявление и всесторонний анализ фундаментальных причин сложившейся ситуации, а также оценка перспектив и инструментов для ее изменения.

Программы газификации: известно, что «Газпром» активно работает над газификацией регионов Сибири. Например, в Республике Саха (Якутия) ведутся работы по подключению населенных пунктов от магистрального газопровода «Сила Сибири», а уровень газификации планируется довести до 43,59 % уже в 2025 году.

Планы на будущее: обсуждается потенциальное влияние строительства магистрального газопровода «Сила Сибири – 2» на газификацию восточных регионов, однако проект сталкивается с задержками и неопределенностью [5–7].

В различных информационных источниках упоминается, что потенциальная потребность таких регионов, как Красноярский край, может составлять 10–11 млрд м<sup>3</sup> в год, а Иркутской области – еще 10 млрд м<sup>3</sup>. На сегодняшний день показатель газификации в Сибирском федеральном округе не превышает 7–10 %, что катастрофически мало на фоне 80–90 % в центральных регионах страны [1]. Такой разрыв обусловлен не отсутствием ресурса, а исторически сложившейся структурой топливно-энергетического баланса (ТЭБ), в

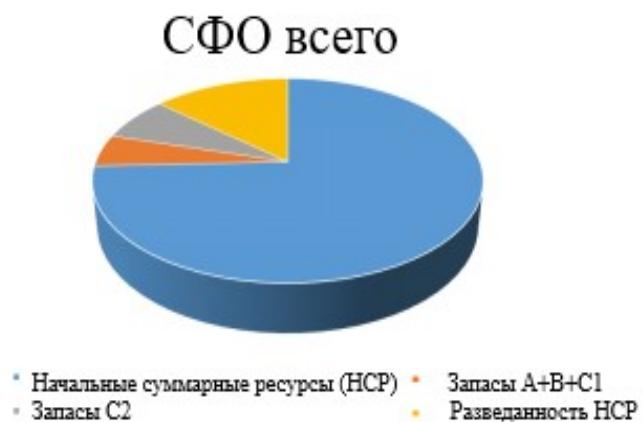
котором доминирующую позицию занимает уголь (около 86 %). Для сравнения, среднероссийский показатель использования угля в ТЭБ не превышает 12 %. В сельской местности, характеризующейся низкой плотностью населения, ситуация еще более остра: тысячи населенных пунктов до сих пор используют архаичное печное отопление на дровах и угле. Это не только повышает затраты домохозяйств, но и создает значительное экологическое давление, ухудшая качество воздуха и способствуя выбросам парниковых газов [8–10].

**1. Ключевые проблемы и барьеры газификации СФО.** Главным сдерживающим фактором является высокая капиталоемкость создания газотранспортной инфраструктуры в условиях сложной географии и низкой плотности населения. Строительство магистральных газопроводов и распределительных сетей в Сибири требует на 30–50 % больше инвестиций, чем в европейской части России, из-за следующих факторов:

- удаленности и рассредоточенности потребителей (большие расстояния между населенными пунктами делают прокладку трубопроводов к отдельным поселкам нерентабельной);
- сложных природных условий (вечная мерзлота, болотистая местность, большое количество водных преград значительно удорожают и усложняют строительно-монтажные работы);
- недостаточной загрузки существующих сетей (низкая плотность потребителей приводит к неэффективной эксплуатации уже построенных газопроводов, что отпугивает потенциальных инвесторов).

Восточная Сибирь обладает одними из крупнейших в мире месторождений бурого и каменного угля, что делает его крайне дешевым локальным топливом. Помимо этого, регион обладает мощным каскадом гидроэлектростанций (ГЭС), обеспечивающих дешевой электроэнергией. Сложившаяся за десятилетия энергетическая инфраструктура, не требующая масштабных капитальных вложений, создает высокий барьер для входа газа, который требует первоначальных колоссальных затрат [1, 11, 12].

На рисунке 1 представлена информация в виде круговой диаграммы о запасах природного газа (в триллионах кубических метров) по всему СФО на 2025 год, где НСР – общие начальные ресурсы.



**Рис. 1.** Круговая диаграмма о запасах природного газа по всей территории СФО

Несмотря на общепризнанный потенциал, ресурсная база природного газа многих субъектов СФО остается недостаточно изученной. Основные разведанные запасы и действующая добыча сконцентрированы в нескольких ключевых регионах: Омской,

Иркутской, Томской областях и на севере Красноярского края [2, 13]. Для остальных территорий отсутствуют детальные геологические данные, что является непреодолимым риском для запуска крупных инвестиционных проектов по газификации.

На рис. 2 представлена информация в виде круговой диаграммы о запасах природного газа (в триллионах кубических метров) субъектов СФО по состоянию на 2005 г., где НСР – начальные суммарные ресурсы.



**Рис. 2.** Круговая диаграмма о запасах природного газа субъектов СФО

При анализе данных был проанализирован сайт Росстата [3, 14, 15], на котором представлена подробная структура территориальных органов, но не было найдено открытых и детализированных данных по запасам природного газа по субъектам СФО в разрезе триллионов кубометров. Статистика часто публикуется с большим лагом и в агрегированном виде. А в отчетности ПАО «Газпром» основное внимание уделяется финансовым показателям, а не детализированной статистике по запасам по регионам в удобной для графического представления форме [4, 16]. В новостных сообщениях о газификации акцент делается на темпах подключения домовладений и строительстве инфраструктуры, а не на объеме запасов. В аналитических статьях содержатся экспертные оценки и обсуждения проблем газификации, но также отсутствуют актуальные официальные цифры по запасам на 2025 год [5, 16].

**2. Факторы зависимости и потенциальные пути решения.** Перспективы газификации СФО напрямую зависят от комплекса следующих взаимосвязанных факторов:

- активная геологоразведка (интенсификация работ по оценке и увеличению ресурсной базы природного газа в менее изученных субъектах СФО);
- разработка комплексной стратегии (создание детальной федеральной программы развития газовой отрасли СФО, включающей не только магистральную газификацию, но и развитие СПГ-мощностей для снабжения удаленных районов);
- государственная поддержка (увеличение объемов софинансирования из федерального бюджета на строительство инфраструктуры, а также предоставление целевых субсидий и льготных кредитов для населения и бизнеса на подключение к газу);
- инфраструктурные проекты (ускорение темпов строительства магистральных газопроводов-отводов и межпоселковых распределительных сетей);
- ценовая конкурентоспособность (реализация мер, позволяющих предложить конечную цену на газ для потребителя, которая будет экономически выгоднее угля и дизельного топлива);

- догазификация (приоритизация проектов по подключению к уже существующей инфраструктуре в пределах крупных агломераций).

**Выводы.** Низкий уровень газификации Сибирского федерального округа представляет собой многогранную проблему, корни которой лежат в экономической нецелесообразности, инфраструктурных проблем и конкуренции со стороны традиционных энергоносителей. Преодоление этого отставания требует не точечных мер, а системного государственного подхода, сочетающего прямые инвестиции в инфраструктуру, активную геологоразведку и создание стимулов для частных инвесторов и конечных потребителей.

Решение этой задачи является не только вопросом социальной справедливости для жителей Сибири, но и ключевым элементом перехода региона к более экологичному и диверсифицированному топливно-энергетическому балансу, что соответствует общероссийским стратегическим интересам.

#### Библиографический список

1. Домаренко И.В. Перспективы развития газораспределительных систем Томской области и Сибирского федерального округа // Вестник науки Сибири. 2012. №5 (6). С. 7–11.
  2. Земнухова Е.А. Направления газификации регионов Сибири как ключевое направление улучшения экологической обстановки в регионе // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2018. С.216–221.
  3. Новости Росстата [Электронный ресурс]. URL: <http://ssl.rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 29.06.2025).
  4. Газификация Восточной Сибири: когда ждать результатов [Электронный ресурс]. URL: <https://nprom.online/trends/gazifikacziya-vostochnoj-sibiri-kogda-zhdat-rezulatov/> (дата обращения: 24.06.2025).
  5. Стратегия развития нефтегазового комплекса Сибири / А.Г. Коржубаев, И.В. Филимонова, Л.В. Эдер, И.А. Соколова // Нефтяное хозяйство. 2009. № 3. С. 14–17.
  6. Комплексный анализ современного состояния нефтегазового комплекса Восточной Сибири и Дальнего Востока / И.В. Филимонова, Л.В. Эдер, А.Я. Дякун, Т.М. Мамахатов // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2016. № 1. С. 43–60.
  7. Филимонова И.В. Государственное стимулирование экономического развития нефтегазовых регионов // Экономика Сибири в условиях глобальных вызовов XXI века: сборник статей. Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2018. С. 355–363.
  8. Филимонова И.В. Нефтегазовый комплекс в социально-экономическом развитии регионов Восточной Сибири // Экономика Сибири в условиях глобальных вызовов XXI века: сборник статей. Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2018. С. 259–267.
  9. Номоконова Г.Г., Расковалов Ю.Д., Колмаков А.Ю. О контроле месторождений углеводородов Западной Сибири глубинными геомагнитными структурами // Пятые научные чтения Ю.П. Булашевича. Глубинное строение. Геодинамика. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей: материалы международной конференции. Екатеринбург: Изд-во ИГФ УрО РАН, 2009. С.341-375.
  10. Ожеред Ф.А., Голов Е.С. Закономерности локализации гигантских газовых месторождений в аномальном магнитном поле Ямало-Карского региона // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. Томск, 2016. С. 256–258.
  11. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года [Электронный ресурс]. URL: <http://protariff.ru/uploads/umAZuldVU7x9aAwa.pdf> (дата обращения: 27.06.2025).
  12. Куликова М.П., Балакина Г.Ф. Перспективные направления газификации Республики Тыва // Экономика, профессия, бизнес. 2020. №3. С. 64–70.
  13. Бондарев А. Тыва устала ждать милостей от «Газпрома» [Электронный ресурс]. URL: [https://sibir.octagon.media/ economika/tuva\\_ustala/zhdat](https://sibir.octagon.media/ economika/tuva_ustala/zhdat) (дата обращения: 20.07.2025).
  14. Викторова Л. Газификация – лучший вариант [Электронный ресурс]. URL: <https://gazeta19.ru/index.php/pechatnaya-versiya/item/86343> (дата обращения: 21.06.2025).
  15. Алифирова А. На КЭФ-2023 обсудили газификацию Красноярского края сетевым газом от МГП «Сила Сибири 2» и автономную от местных СПГ- заводов [Электронный ресурс]. URL: <https://neftgaz.ru/news/gazoraspredelenie/7771959-na-kef-2023> (дата обращения: 22.06.2025).
  16. Алифирова А. Путин В.В. обратил внимание на низкий уровень газификации Иркутской области // Neftegaz.RU. 18.07.2023 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://neftgaz.ru/news/gazoraspredelenie/787326-v-putin-obratil-vnimanie> (дата обращения: 26.07.2025).
- Для цитирования: Самофалова А.С., Брехин И.Ю. Анализ ключевых проблем газификации регионов Сибирского федерального округа // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. №4. С.25–28.

## АНАЛИЗ РАБОТЫ ДЫМОВЫХ ТРУБ

С. В. Баранников, П. С. Щеглова, Н. А. Петрикеева, Г. С. Сериков

Воронежский государственный технический университет

С. В. Баранников, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)207-22-20, e-mail: stanbarannikov@yandex.ru

П. С. Щеглова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: polinakuvsincikova63@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

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.** Дымовые трубы являются сложным инженерным сооружением и обязательным составляющим элементом котельной установки. К ключевым параметрам работы труб относятся теплотехнические, экологические, акустические и аэродинамические характеристики. Они характеризуют эффективность системы и работу установки в целом.

**Результаты.** Проанализированы основные параметры, влияющие на эффективность работы: материал, форма, высота, конструктивные особенности. Выявлены пути возможной оптимизации работы труб, отмечены основные статистические данные по аварийности.

**Выводы.** В результате проведенных исследований выявлено, что использование современных материалов и покрытий совместно с автоматизацией систем контроля за параметрами потока, улучшением конструкции и грамотным подходом к проектированию, включая расчет на рассеивание, приводит к значительной оптимизации работы дымовых труб и снижению тепловых потерь не менее 45 %.

**Ключевые слова:** котельная установка, дымовая труба, материал, коррозия, разрушение, рассеивание, экология.

**Введение.** Огромное число промышленных объектов осуществляет выбросы отработанных потоков через дымовые трубы. Их роль трудно переоценить. Экологическая составляющая и благополучие окружающей среды в большей степени зависят от них. Расчет на рассеивание подтверждает эффективность или говорит о недостаточности высоты дымовой трубы. Он является обязательной частью расчетов при проектировании дымовых труб или при изменении технологии производства. И конечно же, высота данной конструкции должна быть оправданной.

Разновидностей дымовых труб много. Они классифицируются по высоте, материалу, месту установки и типу несущей конструкции, взаимному расположению труб и пр. (рис.1). От грамотного выбора конструкции и параметров трубы зависит и энергоэффективность котельной установки в целом. Наиболее сложным при проектировании является гарантированный эффективный отвод вредностей при всех режимах работы и исключение образования опасного избыточного давления в топках. К опасным явлениям относится образование агрессивного конденсата при температуре ниже температуры точки росы [1].

Целью данного исследования является определение факторов, влияющих на устойчивую безаварийную службу и эффективность работы дымовых труб, а, значит, и теплоиспользующих установок в целом.



Рис. 1. Разновидности установки дымовых труб

Одной из эффективных разновидностей считается сэндвич – конструкция, состоящая из внутренней трубы, выполненной из высококачественной нержавеющей стали, воспринимающей основное воздействие агрессивной высокотемпературной среды. Наружная труба, являющаяся своеобразным защитным кожухом, также выполняется из композитных материалов или сталей с защитным покрытием. Она воспринимает атмосферные перепады и внешние нагрузки. Пространство между двумя трубами заполнено негорючим теплоизоляционным слоем. Однослойные трубы тоже имеют право на существование, но их характеристики ниже. Защитный футеровочный слой значительно снижает агрессивные воздействия, оберегает внешний материал трубы и снижает теплонапряженность конструкции [2].

**1. Материал дымовых труб.** Дымовые трубы – это прежде всего высотные сложные дорогостоящие сооружения, подверженные постоянным негативным воздействиям внутри и извне. Используемые материалы существенно влияют на их эксплуатационные характеристики. Согласно статистическим данным, для стальных труб положительным считается прочность и устойчивость к высоким температурам, но подверженность коррозии (рис.2) значительно удорожает конструкцию, требуя нанесения защитного слоя и обработки металла. Также к распространенным дефектам можно отнести разрушение сварного шва, наклон и деформация от изгиба [1, 2].

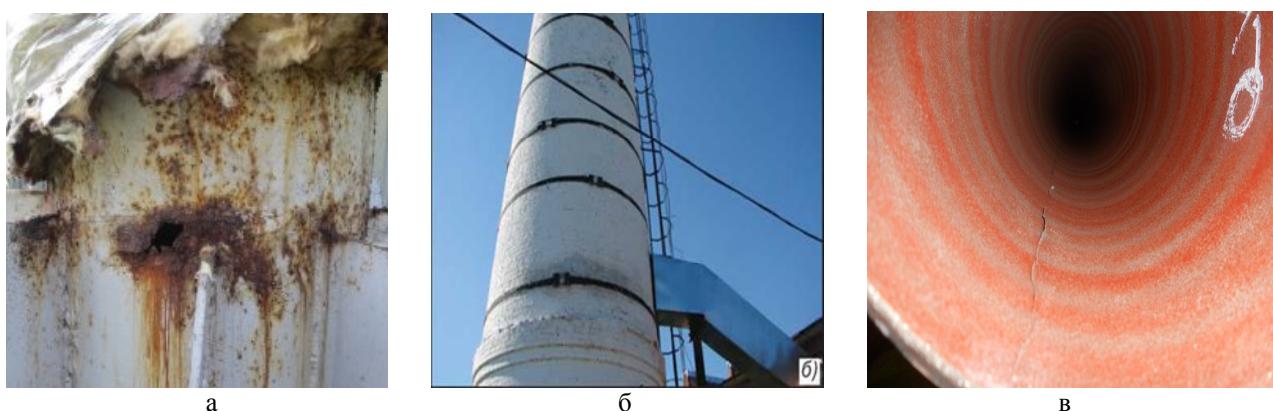


Рис. 2. Статистические дефекты при эксплуатации различных видов дымовых труб: а – коррозия стальных труб; б – растрескивание железобетонных труб; в – внутренний дефект и деформация керамических труб

Железобетонные трубы долговечны, но значительно дороже обходятся. При эксплуатации возможно появление растресканий по телу трубы. Керамические – отличаются сложностью монтажа, но устойчивы к химическим воздействиям. При перепадах температур также возможно появление трещин (рис.2).

Вновь строящиеся кирпичные трубы в настоящее время используются крайне редко. Как правило, речь идет об эксплуатации достаточно старых, еще «первых» дымовых труб, построенных в прошлом столетии. Среди основных их дефектов можно отметить локальное разрушение кирпичной кладки, обрушение оголовка, вертикальные трещины по телу трубы, расслоение футеровки, сульфатная коррозия кирпичной кладки (изгиб верхней части).

Общими проблемами всех видов труб также являются деформация основания (фундамента), деформации и коррозия в зоне крепления оттяжек, лестниц и площадок, накопление отложений по телу трубы, следы конденсата [1, 2].

**2. Тепловые процессы в трубах.** По высоте трубы из-за охлаждения потока и теплоотвода через стенки трубы температура его уменьшается, поэтому, при анализе конструкции, учитывают два температурных градиента: градиент температур по высоте и градиент температур по толщине стенки конструкции. При значительной его величине возможно появление термических напряжений, приводящих к деформации конструкции и появлению трещин. Высокие трубы подвергаются ветровым нагрузкам, приводящим к возникновению резонансных колебаний и механическим повреждениям. Необходимым и важным условием является недопустимость образования конденсата в стволах железобетонных и кирпичных дымовых труб при всех режимах их работы.

Ряд экспериментов, проводимых различными авторами, показал, что температура потока при движении по дымовой трубе уменьшается в среднем на 170 °С. Применение стандартных теплоизоляционных материалов и покрытий способно снизить нагревание наружной поверхности дымовой трубы примерно на 50 °С. При этом тепловые потери через стенки труб могут достигать 20 % от общей теплоты выброса. Это усредненные статистические данные, которые конечно зависят от индивидуальных особенностей процесса теплоиспользования, условий окружающей среды и конструкции самой дымовой трубы [2].

Трубы – аэродинамические системы, на работу которых влияет большое количество факторов: скорость движения уходящих газов, турбулентность потока, сопротивление трубы, появление обратной тяги и разрежение, образование двухфазных сред, обледенение и пр.

Процессы, происходящие в дымовых трубах, сложны и разнообразны. Это конвекция, теплопередача, радиационный нагрев, охлаждение. Поэтому среди основных механизмов передачи тепла при прохождении потока по трубе можно считать конвективный теплообмен, теплопроводность и излучение. Общий тепловой поток будет описываться законом Фурье и будет пропорционален градиенту температур.

**3. Оптимизация работы.** Для оптимизации работы дымовых труб перспективным представляется использование современных материалов и покрытий, автоматизация систем контроля за параметрами потока, улучшение конструкции и грамотный подход к проектированию, включая расчет на рассеивание. В качестве современных покрытий можно отметить температуростойчивые алюмосиликатные волокна, аэрогели с низким коэффициентом теплопроводности и керамическое покрытие, снижающее теплопроводность стенки в целом. Также можно отметить облегченные композитные материалы и самоочищающиеся покрытия для снижения сажистых отложений. Данные материалы позволяют снизить теплопотери суммарно до 45 %.

В качестве перспективных методов диагностики можно выделить тепловизионное обследование для выявления мест утечек (рис.3), акустическую диагностику для определения внутренних дефектов и газоанализ состава дымовых газов для оценки процессов горения. С развитием цифровизации и внедрением ее в теплоэнергетические

системы, появилось, например, CFD-моделирование, которое в совокупности с автоматизированными системами мониторинга и способами диагностики, позволяет прогнозировать поведение продуктов сгорания, своевременно управлять параметрами потока и разрабатывать эффективные инженерные решения для каждого конкретного случая [3–5].

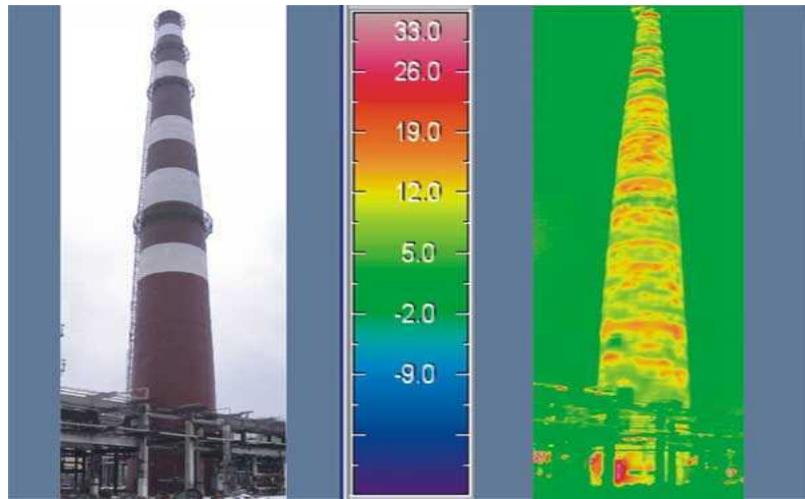


Рис. 3. Тепловизионное обследование дымовых труб

Естественная тяга в дымовой трубе создается за счет разницы температур между горячими газами внутри трубы и холодным наружным воздухом, разница плотностей вызывает движение потока. Величина тяги влияет на эффективность удаления потока газов. При недостаточной ее величине идет скопление потока и застой внутри трубы, а при избыточном значении к повышенному расходу топлива. При увеличении высоты трубы тяга увеличивается, но конструкция становится более уязвимой и требует усиления дополнительных расходов и мероприятий [2, 4].

Форма дымовой трубы значительно влияет на распределение полей температур. Уменьшение сужения верха трубы влияет на сокращение теплопотерь, так как при этом происходит изменение скорости потока. При использовании труб переменного сечения происходит более равномерное распределение температурного градиента и снижается общее термическое напряжение всей конструкции. Перспективным представляются конструктивные изменения в части: оптимизация геометрии на выходе из трубы (корректирует турбулентность потока и уровня акустического шума), использование диффузора (снижение вихрей и потерь давлений), изменение угла наклона среза трубы на верхней кромке (для снижения ветровой нагрузки) и использование внутренних покрытий (для снижения аэродинамического сопротивления). Эти мероприятия рекомендованы статистическими данными и исследованиями, проводимыми рядом авторов, на основе CFD-моделирования. Показано, что применение численного анализа и математического моделирования позволяет прогнозировать характеристику потока и подбирать оптимальные эффективные конструкции дымовых труб [4, 6, 7].

Для различных типов технологических процессов при прочих равных условиях может потребоваться различная высота дымовой трубы, так как значительно могут отличаться и характер горения, и климатологические факторы, и объем выброса. Согласно нормативным данным, высота устья дымовой трубы, кроме отдельностоящих котельных, должна располагаться выше границы ветрового подпора, но не менее 0,5 м выше крыши (и не менее двух метров над кровлей наиболее высокой части здания). По статистическим данным, с ростом высоты дымовой трубы на каждые 10 метров вклад в доли ПДК уменьшается в среднем на 15 %.

Расчетный срок службы дымовой трубы составляет около 40 лет (в зависимости от используемого материала трубы). Большинство труб на предприятиях уже выработали свой заявленный ресурс и значительно старше. Выход их из строя приводит к останову технологического процесса. Это, как правило, связано с естественным физическим износом, нарушением режима эксплуатации и отсутствием проведения диагностических мероприятий.

Особо актуальным является разработка комплекса мероприятий по оперативной оценке состояния труб и уменьшению негативных последствий без прерывания технологического процесса, что в настоящее время является недоступным. Длительность ремонта, его качество, дальнейшая работоспособность и рабочие характеристики дымовой трубы во многом зависят от качественно и своевременно проведенных диагностических и технических работ. Полная замена дымовой трубы – процесс крайне затратный, но еще более затратным может оказаться бесконечный ремонт уже неновой конструкции или работа в аварийном режиме. Это влечет как экономические, так экологические и технологические проблемы одновременно [1, 7]. Аварийная труба несет существенную опасность не только для персонала предприятия, но и для находящихся в непосредственной близости людей и объектов. Нередки случаи частичного обрушения несущих конструкций и взрывы.

Проектирование новой дымовой трубы всегда осуществляется индивидуально под «свой объект». Правила организации и производства таких работ определяет Межгосударственный стандарт «Трубы промышленные дымовые и вентиляционные» (ГОСТ 34519-2019).

**Выводы.** Все дымовые трубы должны идентифицироваться как сооружения, осуществляющие очистку и отвод технологических сред в составе опасного производственного объекта.

Для оптимизации работы дымовых труб перспективным представляется использование современных материалов и покрытий, автоматизация систем контроля за параметрами потока, своевременная диагностика, улучшение конструкции и грамотный подход к проектированию. При этом важен именно комплексный подход. Кроме минимизации негативного влияния рассеивающихся вредностей на природную среду и человека, мы говорим о снижении теплового загрязнения в целом и энергоэффективности при теплоиспользующих процессах.

#### Библиографический список

1. Петров В.Н. Аэродинамика дымовых труб: теория и практика. М.: Энергоатомиздат. 2021. 196 с.
2. Яблонько Е.В. Основные проблемы в эксплуатации дымовых труб // Молодой ученый. 2011. № 9 (32). С. 65–68.
3. Боян А.Р., Ярцева О.В. Внедрение цифровых технологий в системы теплоэнергетики // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы X Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 332–333.
4. Иванов А.С., Смирнов В.В. CFD-моделирование газовых потоков в дымовых трубах // Промышленная теплотехника. 2022. №4. С. 34–39.
5. Петрикейва 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.
6. Петрикейва Н.А., Березкина Л.В., Колесов 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.
7. Петрикейва Н.А., Цуканова О.С., Письменный Д.А. Использование теплоты конденсации продуктов сгорания теплогенерирующих установок систем теплоснабжения // Инженерные системы и сооружения. 2009. № 1 (1). С. 107–113.

Для цитирования: Анализ работы дымовых труб / С.В. Баранников, П.С. Щеглова, Н.А. Петрикейва, Г.С. Сериков // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. № 4(41). С. 29–33.

## ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ

В. В. Чернышев, И. А. Серикова, А. Д. Петрикеев

*Воронежский государственный технический университет*

*В. В. Чернышев, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(960)141-57-77, e-mail: chernyivova@yandex.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*

*А. Д. Петрикеев, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(908)137-23-33, e-mail: petrikeefff@gmail.com*

**Постановка задачи.** Статья посвящена исследованию подходов к оптимизации систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов России. Рассматриваются особенности энергоснабжения таких территорий, включая высокие затраты на инфраструктуру, зависимость от ископаемого топлива и сезонные колебания спроса.

**Результаты.** На основе анализа реализованных проектов в поселках Усть-Кан (Республика Алтай) и Терней (Приморский край) показана возможность сокращения потребления топлива на 40–60 % и выбросов CO<sub>2</sub> на 30–35 %.

**Выводы.** Выявлены ключевые барьеры, такие как высокие капитальные затраты и нехватка специалистов, и предложены пути их преодоления, включая государственные субсидии и образовательные программы.

**Ключевые слова:** теплогазоснабжение, малые населенные пункты, энергоэффективность, автоматизация, государственная поддержка.

**Введение.** Энергоснабжение малых населенных пунктов, таких как села, деревни и поселки городского типа, остается одной из ключевых проблем устойчивого развития сельских территорий России. Удаленность от централизованных энергосетей, низкая плотность населения и ограниченные финансовые ресурсы муниципалитетов создают значительные трудности в обеспечении надежного и экономически эффективного теплогазоснабжения.

По данным Министерства энергетики РФ (2024 год), около 25 % сельских поселений в России не имеют доступа к газовым сетям, а теплоснабжение осуществляется за счет устаревших котельных на угле или дизельном топливе, что приводит к высоким эксплуатационным затратам и значительным выбросам парниковых газов. В условиях глобального перехода к низкоуглеродной экономике и роста цен на традиционные энергоносители (например, стоимость дизельного топлива в удаленных регионах в 2024 году достигала 80–100 тыс. рублей за тонну) возникает острая необходимость в поиске альтернативных решений [1].

В последние годы в России наблюдается рост интереса к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) в контексте малых населенных пунктов. Региональные программы, такие как «Энергоэффективность и развитие энергетики», предусматривают субсидии до 30 % на внедрение альтернативных источников энергии, что стимулирует реализацию пилотных проектов. Примером является проект в поселке Усть-Кан (Республика Алтай), где в 2023

году была запущена гибридная система на базе солнечных панелей и котельной на биомассе, обеспечившая экономию 1,2 млн рублей в год. Такие инициативы подчеркивают актуальность и практическую значимость исследований в данной области [2, 3].

Цель данной работы – проанализировать подходы к оптимизации систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов.

Исследование основано на анализе российских и зарубежных проектов [4], а также современных подходов к энергетическому моделированию, что позволяет предложить практические пути повышения устойчивости и энергоэффективности сельских территорий.

**1. Особенности энергоснабжения малых населенных пунктов.** Малые населенные пункты, такие как села, поселки городского типа или деревни, характеризуются специфическими условиями, которые существенно затрудняют организацию эффективного теплогазоснабжения. Ключевыми особенностями таких территорий являются низкая плотность населения, удаленность от крупных энергетических узлов и ограниченный доступ к централизованным системам энергоснабжения. Эти факторы формируют уникальный набор вызовов, которые требуют нестандартных подходов к проектированию и эксплуатации систем теплогазоснабжения.

Малые населенные пункты часто расположены в отдаленных регионах, где прокладка традиционных газопроводов, линий электропередач или тепловых сетей связана с высокими капитальными затратами. Например, в условиях российского Севера или Сибири, где расстояния между населенными пунктами могут составлять десятки или сотни километров, а рельеф местности осложняет строительство, стоимость инфраструктуры становится экономически неподъемной. По данным Росстата за 2023 год, около 20 % сельских поселений в России не имеют подключения к газовым сетям, а теплоснабжение осуществляется локальными котельными, работающими на угле или дизельном топливе. Такие системы не только дороги в эксплуатации, но и имеют низкую энергоэффективность из-за устаревшего оборудования и значительных тепловых потерь [5].

Экономическая эффективность традиционных систем теплогазоснабжения в малых населенных пунктах остается низкой из-за высоких затрат на топливо и транспортировку. Дизельное топливо, широко используемое в удаленных регионах, доставляется автомобильным или водным транспортом, что увеличивает его стоимость в 1,5–2 раза по сравнению с городскими территориями. Например, в Ямало-Ненецком автономном округе в 2024 году стоимость дизельного топлива для котельных достигала 80–100 тыс. рублей за тонну, что делает энергоснабжение таких поселений финансово обременительным.

Спрос на тепло и электроэнергию в малых населенных пунктах имеет выраженную сезонность. В зимний период потребность в теплоснабжении возрастает в разы, что требует высокой мощности котельных и надежности систем. В то же время в летний период многие котельные работают в минимальном режиме или простояивают, что снижает их рентабельность. Например, в поселках Ленинградской области тепловые нагрузки зимой могут превышать летние в 5–7 раз, что создает сложности в планировании и эксплуатации систем.

Социальный аспект также играет значительную роль. Население малых населенных пунктов часто имеет ограниченные финансовые ресурсы, что делает недоступными высокие тарифы на тепло и электроэнергию. В то же время местные администрации сталкиваются с нехваткой средств для инвестиций в модернизацию инфраструктуры. Это создает замкнутый круг, когда отсутствие инвестиций приводит к дальнейшему ухудшению состояния систем, а высокие затраты на энергоносители ложатся бременем на жителей [6].

Учитывая вышеописанные проблемы, малые населенные пункты представляют собой перспективную площадку для внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Локальные системы на основе солнечной, ветровой энергии, биомассы или геотермальных

источников могут быть адаптированы к конкретным условиям поселения, минимизируя зависимость от дорогостоящих поставок топлива и снижая экологическую нагрузку. Например, в регионах с высоким уровнем инсоляции (Краснодарский край, Республика Алтай) солнечные коллекторы могут покрывать значительную часть потребности в горячем водоснабжении, а в ветреных регионах (например, Мурманская область) ветрогенераторы могут обеспечить стабильное электроснабжение. Важно отметить, что внедрение ВИЭ требует тщательного анализа местных климатических, географических и экономических условий, чтобы обеспечить максимальную эффективность и окупаемость [7].

**2. Подходы к оптимизации систем теплогазоснабжения.** Оптимизация систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов с использованием возобновляемых источников энергии требует комплексного подхода, объединяющего технические, экономические и организационные меры. Основная цель – повышение энергоэффективности, снижение эксплуатационных затрат и минимизация экологического воздействия.

В условиях ограниченных ресурсов малых поселений особое внимание уделяется адаптации решений к местным климатическим, географическим и социально-экономическим условиям, например, домашние электростанции для поселений, расположенных вблизи электрических сетей [8].

**3. Примеры реализации.** Практическая реализация проектов по оптимизации систем теплогазоснабжения, например, с использованием ВИЭ, демонстрирует их потенциал и выявляет ключевые факторы успеха. Рассмотрим несколько примеров из российской практики и зарубежного опыта, иллюстрирующих различные подходы к интеграции ВИЭ.

В 2023 году в поселке Усть-Кан, Республика Алтай (Россия), была запущена гибридная система энергоснабжения, включающая солнечные панели (30 кВт), котельную на древесных пеллетах (500 кВт) и тепловой аккумулятор объемом 5 м<sup>3</sup>. Проект, реализованный при поддержке регионального гранта на сумму 4 млн рублей, позволил сократить потребление дизельного топлива на 60 тонн в год и снизить выбросы CO<sub>2</sub> на 150 тонн. Система обеспечивает теплом и электроэнергией 50 жилых домов и местную школу, а также демонстрирует высокую устойчивость к сезонным колебаниям благодаря комбинации источников. Ключевым фактором успеха стало предварительное моделирование энергопотребления с использованием ПО HOMER, что позволило точно подобрать параметры оборудования.

В селе Терней, Приморский край (Россия), в 2024 году была введена в эксплуатацию ветровая установка мощностью 20 кВт, дополненная аккумуляторной системой хранения (50 кВт·ч) и резервным дизель-генератором. Проект стоимостью 3,5 млн рублей был частично профинансирован за счет федеральной программы поддержки ВИЭ. Система обеспечивает электроэнергией коммунальные объекты, включая водонасосную станцию и уличное освещение, сократив расходы на дизельное топливо на 1 млн рублей в год. Основной вызов заключался в необходимости регулярного обслуживания ветрогенератора в условиях высокой влажности и соленого морского воздуха, что потребовало применения коррозионностойких материалов [3].

Зарубежный опыт также представляет ценность для анализа. В поселке Фельдкирхен (Австрия) с 2019 года функционирует система теплоснабжения, основанная на геотермальных тепловых насосах (200 кВт) и солнечных коллекторах (100 м<sup>2</sup>). Система обеспечивает теплом и горячей водой 250 домов, покрывая 85 % тепловой нагрузки. Интеграция тепловых насосов с солнечными коллекторами позволила достичь коэффициента преобразования энергии (СОП) 4,5, что делает систему одной из самых эффективных в Европе. Проект финансировался за счет комбинации муниципальных средств и грантов ЕС, что подчеркивает важность государственной поддержки [4].

Анализ реализованных проектов показывает, что успех зависит от нескольких факторов: тщательного проектирования с учетом местных условий, использования

современных технологий (например, автоматизации и систем хранения), а также привлечения финансирования. В российских условиях ключевую роль играют региональные программы поддержки, которые компенсируют высокие капитальные затраты. Например, в Республике Алтай в 2024 году было выделено 200 млн рублей на субсидии для проектов ВИЭ, что позволило запустить 10 pilotных проектов в малых поселениях. Перспективы дальнейшего развития связаны с масштабированием успешных решений и обучением местных специалистов для эксплуатации и обслуживания систем [2, 3]. Например, проекты в поселках Усть-Кан (Республика Алтай) и Терней (Приморский край) показали, что комбинирование солнечных, ветровых и биомассовых систем позволяет сократить потребление ископаемого топлива на 40–60 % и снизить выбросы CO<sub>2</sub> на 30–35 % в течение первых двух лет эксплуатации.

**Выводы.** Малые населенные пункты, отличающиеся низкой плотностью населения, удаленностью от централизованных энергосетей и ограниченными финансовыми ресурсами, сталкиваются с уникальными вызовами, которые требуют адаптированных решений.

Однако успешная реализация проектов требует преодоления ряда барьеров. Высокие первоначальные затраты, ограниченный доступ к квалифицированным специалистам и необходимость адаптации технологий к местным условиям остаются основными вызовами. Для их решения необходимо усиление государственной поддержки, включая расширение программ льготного кредитования под 3–5 % годовых и грантов на pilotные проекты. Например, в 2024 году в Республике Алтай было профинансировано 10 проектов по внедрению ВИЭ на сумму 200 млн рублей, что создало прецедент для масштабирования подобных инициатив. Кроме того, развитие образовательных программ для подготовки местных специалистов по эксплуатации и обслуживанию систем ВИЭ является критически важным для обеспечения их долгосрочной устойчивости.

Переход к системам теплогазоснабжения на базе ВИЭ в малых населенных пунктах требует комплексного подхода, объединяющего технические инновации, экономические механизмы и активное вовлечение местных сообществ. Успешные примеры, такие как проекты в Усть-Кане и Фельдкирхене, демонстрируют, что при правильном планировании и поддержке такие системы могут не только снизить затраты на энергообеспечение, но и внести значительный вклад в достижение целей устойчивого развития.

#### Библиографический список

1. Родионов В.Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. М.: ЭНАС, 2010. 347 с.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года [Электронный ресурс]. URL: <http://protariff.ru/uploads/umAZuldVU7x9aAwa.pdf> (дата обращения: 27.06.2025).
3. Ланьшина Т. Прогноз развития ВИЭ в России до 2035 года [Электронный ресурс]. URL: [https://www.iep.ru/files/Nauchniy\\_vestnik.ru/9-2019/40-47.pdf](https://www.iep.ru/files/Nauchniy_vestnik.ru/9-2019/40-47.pdf) (дата обращения: 29.06.2025).
4. Smith J. Hybrid Energy Systems for Small Settlements. Journal of Sustainable Energy. 2021. Vol. 12. No. 3. P. 56–63.
5. Филимонова И.В. Государственное стимулирование экономического развития нефтегазовых регионов // Экономика Сибири в условиях глобальных вызовов XXI века: сборник статей. Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2018. С. 355–363.
6. Копытина Е.А., Петрикеева Н.А. Оптимизация стоимости доставки ресурсов при строительстве инженерных коммуникаций // Проектирование. Строительство. Эксплуатация. Материалы Всероссийского форума. Под редакцией Д.К. Проскурина. 2018. С. 51–55.
7. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии в гелиоустановках / Т.В. Щукина, Д.М. Чудинов, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2017. № 1. С. 118–121.
8. Иванова А.А. Энергоэффективность и возобновляемые источники энергии в системах теплоснабжения. М.: Изд-во МГСУ, 2022. 288 с.

Для цитирования: Чернышев В.В., Серикова И.А., Петрикеев А.Д. Использование возобновляемых источников энергии для систем теплогазоснабжения малых населённых пунктов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. № 4(41). С. 34–37.

## МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

В. С. Орехова, Д. Г. Серёжникова, И. А. Серикова, Н. А. Петрикевича

*Воронежский государственный технический университет*

*В. С. Орехова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела,*

*Воронеж, тел.: +7(952)955-32-96; e-mail: viikanuts@yandex.ru*

*Д. Г. Серёжникова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела,*

*Воронеж, тел.: +7(920)456-53-99; e-mail: serezhnikova.diana20@yandex.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*

*Н. А. Петрикевича, 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.** Проблемы устойчивого развития систем жизнеобеспечения назревают давно и требуют изменения подхода проектирования на комплексный. В статье рассматриваются методы оптимизации проектной деятельности в системах теплогазоснабжения (ТГС) с использованием цифровых технологий и принципов устойчивого развития.

**Результаты.** Проанализированы экономические, математические, цифровые и экологические подходы к оптимизации систем, предложены рекомендации по их интеграции для повышения эффективности, надежности и экологической безопасности.

**Выводы.** Сделан вывод о необходимости комплексного подхода и совместных усилий государства, бизнеса и общества для обеспечения устойчивого развития систем ТГС с текущими изменениями.

**Ключевые слова:** теплогазоснабжение, проектирование, оптимизация, цифровые технологии, устойчивое развитие, энергоэффективность.

**Введение.** В эпоху глобальных вызовов, связанных с изменением климата и истощением природных ресурсов, оптимизация систем теплогазоснабжения (ТГС) приобретает первостепенное значение. Особенno актуальна эта задача для России – страны с суровым климатом и протяженными территориями, где надежность и эффективность ТГС напрямую влияют на качество жизни населения и устойчивость экономики. Существующие подходы к проектированию и эксплуатации систем ТГС, зачастую базирующиеся на устаревших технологиях и не учитывающие современные требования к энергосбережению и экологической безопасности, уже не отвечают вызовам времени [1].

Исторически развитие систем теплогазоснабжения в России прошло несколько этапов. От первых печей и каминов в XVIII веке, использовавшихся для обогрева дворцов и богатых домов, до масштабной индустриализации и централизации в советский период, когда были построены крупные ТЭЦ и проведена газификация страны. В постсоветский период, с переходом к рыночной экономике, акцент сместился на энергоэффективность и модернизацию устаревшего оборудования. В наши дни в состав единой системы газоснабжения Российской Федерации входят более 170 тысяч километров магистральных газопроводов и отводов, 253 компрессорных станций, 26 подземных газовых хранилищ, 6 комплексов по переработке газа и газового конденсата и пр. [2, 3].

В настоящее время с усилением санкционного давления и ростом климатических и экологических катаклизмов оптимизация систем теплогазоснабжения становится не просто целесообразной, а жизненно необходимой [4].

В России уже давно существует проблема устаревших систем теплогазоснабжения, так как необходима замена той части инфраструктуры ТГС, которая была построена в советский период. Устаревшие технологии и оборудование приводят к снижению надежности систем ТГС, повышая риск аварий и перебоев в тепло- и газоснабжении потребителей. Кроме того, использование устаревших систем ТГС оказывает негативное воздействие на окружающую среду, загрязняя атмосферный воздух и водные ресурсы [5].

**1. Оптимизация проектной деятельности.** Это важная задача, выполнение которой должно учитывать возрастающие требования к энергоэффективности и экологической безопасности. В данной статье предлагается анализ существующих методов оптимизации проектной деятельности в системах ТГС на основе интеграции цифровых технологий.

Цель исследования – показать, как современные технологии могут преобразить системы ТГС, сделав их более эффективными, экологичными и ориентированными на благополучие общества.

Научная новизна заключается в разработке комплексного подхода, учитывающего экономические, экологические и социальные аспекты.

Практическая значимость работы заключается в возможности повышения эффективности проектирования и эксплуатации систем ТГС, снижении негативного воздействия на окружающую среду и улучшении качества жизни населения.

Исходя из ключевых понятий, теплогазоснабжение – это система, объединяющая процессы добычи, транспортировки, хранения и распределения газа и тепла для обеспечения потребителей тепловой энергией и газом. Она включает в себя взаимосвязанные объекты, обеспечивающие поддержание необходимой мощности и поставку теплоносителя.

Для разработки эффективного метода оптимизации проектной деятельности в системах ТГС необходимо провести тщательный анализ существующих подходов. С появлением цифровизации, некоторые ключевые моменты претерпели значительные изменения, например, это наглядно видно на примере цепочки поставок (рис.1), и это необходимо учитывать [6, 7].

Рассмотрим основные методы экономического анализа, математического моделирования, цифровые технологии и подходы, учитывающие принципы устойчивого развития.

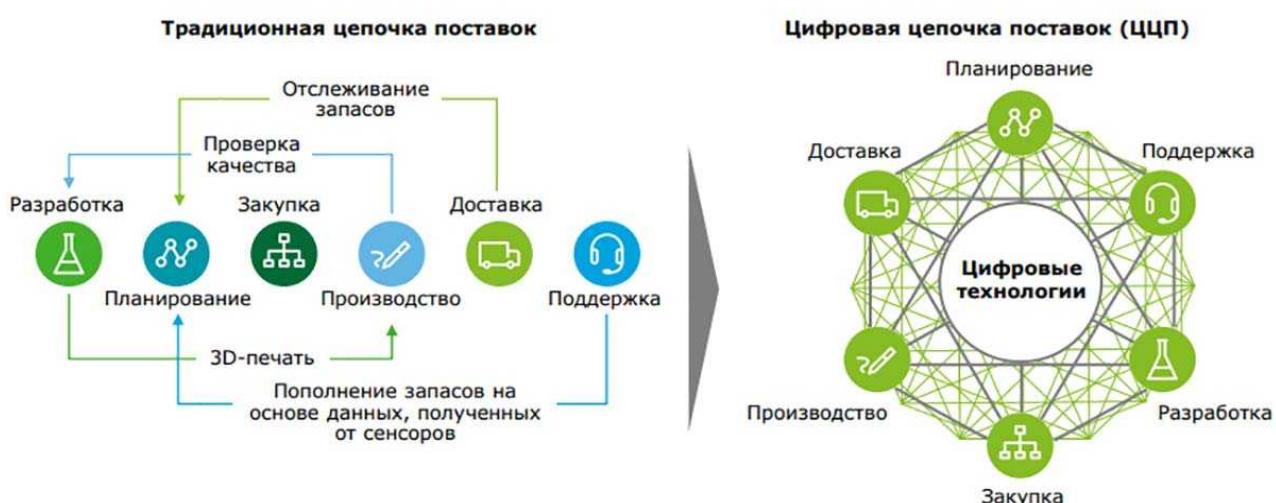


Рис. 1. Различие в цепочках поставок при традиционном и цифровом подходе

**2. Методы оптимизации систем ТГС.** Оптимизация проектной деятельности в системах теплогазоснабжения является важным направлением, позволяющим повысить эффективность, надежность и экологическую безопасность этих систем. Существующие методы можно классифицировать по различным признакам: по типу (экономические, математические, цифровые, экологические), по области применения (проектирование, строительство, эксплуатация), по степени автоматизации (ручные, автоматизированные). Рассмотрим наиболее распространенные группы методов [5, 8].

Одна из важных групп – экономические методы. К ним можно отнести:

1. Технико-экономическое обоснование, которое образовано комплексным анализом затрат и выгод на реализацию проекта. Преимуществом является его комплексность и возможность сравнения различных вариантов, но оно основывается на упрощенных моделях и не учитывает текущую динамику внешних условий.

2. Анализ жизненного цикла, позволяющий оценить полную стоимость владения системой на протяжении всего жизненного цикла. Этот анализ позволяет выявить наиболее эффективные решения уже с учетом долгосрочной перспективы, но для точного прогнозирования будущих затрат в условиях нестабильной экономики это сделать непросто. Кроме непосредственных затрат необходимо учитывать степень воздействия на окружающую среду, социальные аспекты и обеспечение доступности проекта.

3. Методы оптимизации затрат, эффективность которых зависит от текущих условий по реализации проекта. К ним относятся выбор оптимальных материалов и оборудования, оптимизация маршрутов прокладки сетей, снижение потерь энергии, экологическая составляющая и пр. Методы помогают оптимизировать распределение ресурсов и улучшить эффективность проекта, обеспечив финансовую жизнеспособность. Значительная экономия может быть достигнута без ущерба производительности и надежности системы.

При рассмотрении следующей группы методов – цифровых технологий – особое внимание следует уделить автоматизации процессов, улучшению координации и визуализации информации, ее унификации.

К наиболее перспективным технологиям относятся:

1. BIM-технологии (рис.2). Это технологии информационного моделирования зданий, которая позволяет работать с трехмерными моделями, содержащими полную информацию о проектируемом объекте (геометрические параметры, инженерные системы, характеристики материалов и пр.).



Рис. 2. Комплекс BIM-технологий

Данные технологии в проектировании позволяет улучшить координацию между различными специалистами, выявить ошибки и неувязки на ранних стадиях, оптимизировать решения. Кроме самой модели программа позволяет внедрить в нее базу из информации о стоимости материалов, сроках поставки оборудования, графике выполнения работ – все это позволит оптимизировать логистику [9].

2. САПР – системы автоматизированного проектирования представляют собой программные комплексы, предназначенные для автоматизации процессов проектирования, что позволяет создавать схемы, спецификации, чертежи и прочие вспомогательные, но необходимые элементы в электронном виде, что снизит трудозатраты и ускоряет процесс проектирования [10].

3. ГИС-технологии. Это геоинформационные системы – программные комплексы, которые предназначены для сбора, анализа, хранения и отображения географической информации. Применение этих систем позволяет анализировать данные о рельефе местности, геологических условиях и, соответственно, трассировке сетей. На этапе идентификации источников природной опасности, выявлены наиболее характерные и важные группы факторов: физические, геологические, химические, гидрологические и пр. и их динамика в связь с текущими природными и климатическими изменениями [11].

Следующая значимая группа – математическое моделирование. Это неотъемлемый инструмент для оптимизации современных систем ТГС. Использование математических моделей позволяет анализировать различные сценарии работы систем. К методам математического моделирования можно отнести:

1. Тепловой расчет – основан на нормативном методе и используется для определения тепловых потерь в теплоиспользующих системах, оптимизации толщины теплоизоляционных покрытий. Направлен на повышение теплоэффективности системы.

2. Гидравлический расчет – используется для определения параметров среды в трубопроводах, позволяет варьировать потоком и оптимизировать диаметры, толщину стенки, что в дальнейшем влияет на прочностные расчеты. Также он является необходимым для подбора насосов и перекачивающего оборудования, регулируя пропускную способность системы в целом.

4. Оптимизационные модели – используются для оптимизации некоторых параметров работы систем ТГС, таких как давление газа, температура нефти и теплоносителя, режимы работы оборудования. Так, классическим примером работы оптимизационной модели при моделировании является выбор оптимального режима работы котельной установки. Это позволит повысить надежность системы в целом, определив, например, нагрузку на котел, давление сред на входе и выходе из установки, температуры воды и коэффициента избытка воздуха на горение [6, 7, 12].

Экологические методы при проектировании систем ТГС тесно переплетаются с другими, уже рассмотренными методами технического характера. Они направлены на снижение негативного воздействия систем на окружающую среду. Проанализировав популярные и достаточно эффективные мероприятия, к ним можно отнести:

1. ВИЭ – общеизвестно, что применение возобновляемых источников энергии (солнечной, геотермальной, ветровой и пр.) значительно снижает общую зависимость от углеводородных топлив и способствует снижению углеродного следа [13].

2. Утилизация тепла уходящих газов, иных отходов и рециркуляция способствуют снижению теплового загрязнения окружающей среды и способствует снижению потребления первичного топлива.

3. Внедрение систем загазованности, мониторинга и выбросов загрязнителей позволяет оперативно реагировать на отклонения от нормы и предотвращать негативное воздействие загрязнителей на окружающую среду.

---

4. Использование современного оборудования – установка нового энергоэффективного или модернизация или реконструкция устаревших систем с использованием технологий по снижению потребления энергии и повышения КПД систем и установок [4, 14].

Рассмотренные методы и мероприятия в совокупности позволяют существенно повысить общий совокупный положительный эффект от внедрения с технической, экономической, экологической и надежностной точки зрения. Кроме того, данные мероприятия являются существенным шагом на пути к устойчивому развитию систем. В контексте глобальных экологических и социальных вызовов, концепция устойчивого развития становится ведущей для систем теплогазоснабжения, так как они являются системами жизнеобеспечения в современном мире. Уже давно известно, что оценка устойчивости систем требует применения комплексных методов.

Будущее устойчивых систем связано с развитием интеллектуальных сетей, также необходимо повышение осведомленности потребителей и вовлечение их в процессы принятия решений [15, 16].

Несмотря на значительный прогресс и существенное продвижение в области оптимизации систем ТГС, существует ряд вызовов, требующих дальнейшего развития в этой области. Можно выделить следующее:

1. Оптимизация систем требует обработки огромного объема данных, которые хранятся в различных базах данных. Создание единой платформы и взаимосвязь блоков данных для полноценного анализа является важной задачей.

2. Используемые методы оптимизации чаще всего основаны на упрощенных моделях и не учитывают полную многофакторность при их анализе. Существенным является разработка более точных методов, привязанных к динамике изменений окружающей среды.

3. С ростом уровня цифровизации возрастает риск утечки данных и кибератак, что может привести к перебоям и дестабилизации систем. Внедрение систем и средств защиты является приоритетной задачей.

4. Для успешного внедрения и развития цифровых технологий требуются квалифицированные кадры на всех уровнях и обладающих определенными навыками и знаниями в области математического моделирования, анализа и информационных технологий.

Подводя итог, можно заключить, что оптимизация проектной деятельности, в системах ТГС в частности, является задачей многогранной и требующей комплексного подхода, охватывающей экономические, технические, математические, цифровые, экологические и социальные аспекты. Интеграция этих методов совместно с принципами устойчивого развития позволяет создавать эффективные экологически системы. Внедрение BIM и ГИС технологий предоставляет широкие возможности для увязки и повышения эффективности систем как на стадии проектирования, так и на стадиях строительства и эксплуатации. BIM позволяют создавать полные информационные модели объектов, содержащие информацию о геометрических параметрах, характеристиках и логистике, увязывая взаимодействие между специалистами [17, 18]. ГИС позволяют оптимизировать размещение, снижая затраты на трассировку и анализируя геоданные. Важную роль играет нормативное регулирование и мотивация к переходу на энергоэффективные технологии и системы, параллельно стимулируя внедрение инновационных технологий в сознание проектировщиков и потребителей.

**Выводы.** Совместные усилия государства, науки, бизнеса и общества необходимы для обеспечения устойчивого развития систем, в том числе жизнеобеспечивающих систем теплогазоснабжения, создающих комфортные условия потребителям. Необходимо повышать осведомленность населения о преимуществах экологически чистых и энергоэффективных технологий и стимулировать их внедрение. Активное внедрение научного прогресса

совместно с системами защиты и введением системы ответственности за утечку данных способны поддержать устойчивое развитие систем ТГС и создать благоприятную среду для поддержания уровня надежности и комфорта.

#### Библиографический список

1. Методика оптимизации затрат строительных компаний при реализации общей технологии возведения объекта / В.З. Величкин, М.В. Петроченко, И.С. Птухина, А.Ю. Городищенина // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. №1 (40). С. 20–27.
2. ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» [Электронный ресурс]. URL: <https://stavropol-tr.gazprom.ru/press/proekt-azbuka-proizvodstva/edinaya-sistema-gazosnabzheniya/> (дата обращения: 24.05.2025).
3. О газоснабжении в Российской Федерации: Федер. закон [принят Гос. Думой 31.03 1999] [Электронный ресурс]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/140053/> (дата обращения: 24.05.2025).
4. Брунько В.М., Серикова И.А., Петрикеева Н.А. Импортозамещение насосного оборудования современным оборудованием отечественного производства // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. № 1 (38). С. 23–26.
5. Пенькова О.В. Оптимизация газовых сетей // Вестник магистратуры. 2020. №1-3 (100). С. 32–34.
6. Суслов Д.Ю., Темников Д.О., Алифанова А.И. Разработка программного комплекса расчета газопроводов природного газа и биогаза // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2019. №6. С. 34–40.
7. Петрикеева Н.А., Чудинов Д.М. Цифровое моделирование и прогнозирование характеристик гидравлической сети // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2024: сборник докладов V Национальной научной конференции. Москва, 2025. С. 629–634.
8. Бондарев Э.А., Рожин И.И., Аргунова К.К. Особенности математического моделирования систем добычи и транспорта природного газа в Арктической зоне России // Записки Горного института. 2017. С. 705–716.
9. Айроян З.А., Коркишко А.Н. Управление проектами нефтегазового комплекса на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологий) // ИВД. 2016. №4 (43). С. 15–22.
10. Строительство зданий с помощью 3D-технологий / А.Д. Голядкина, Д.П. Субботин, Н.А. Петрикеева, А.А. Кратько // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 1 (30). С. 29–33.
11. Власова Л.В., Ракитина Г.С., Долгов С.И. Геоинформационные аналитические модели комплексной оценки природных опасностей для единой системы газоснабжения России // Вести газовой науки. 2017. №1(29). С. 57–70.
12. Петрикеева Н.А., Серикова И.А., Петрикееев А.Д. Моделирование работы магистрального нефтепродуктопровода при наличии несанкционированной врезки // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2025. № 2 (33). С. 76–83.
13. Чудинов Д.М., Петрикеева Н.А., Попова Н.М. Оценка целесообразности применения гелиосистем в климатических условиях Центрального Черноземья // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2024. № 2 (29). С. 28–34.
14. Стеганцова А.И., Черкашина К.С., Петрикеева Н.А. Реконструкция котельной с использованием энергоэффективного оборудования // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. № 1 (34). С. 36–39.
15. Рыбальченко Р.В., Петрикеева Н.А., Калинина А.И. Прогнозирование результативности процессов в нефтегазовой отрасли // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли 2024: материалы IX Международной научно-практической конференции. Альметьевск, 2024. С. 1053–1055.
16. 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.
17. Красникова А.Н., Петрикеева Н.А. Перспективы внедрения цифровых технологий в теплоэнергетические системы // Научная опора Воронежской области: сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий. Воронеж, 2024. С. 198–201.
18. Боян А.Р., Ярцева О.В. Внедрение цифровых технологий в системы теплоэнергетики // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы X Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей. Под общей редакцией Н.Ю. Ермиловой, И.Е. Степановой. Волгоград, 2023. С. 332–333.

*Для цитирования: Методы оптимизации проектной деятельности в системах теплогазоснабжения на основе устойчивого развития / В.С. Орехова, Д.Г. Серёжникова, И.А. Серикова, Н.А. Петрикеева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. № 4(41). С. 38–43.*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ

В. В. Чернышев, А. Д. Петрикев, Г. С. Сериков, Д. О. Бугаевский

*Воронежский государственный технический университет*

*В. В. Чернышев, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(960)141-57-77, e-mail: chernyivova@yandex.ru*

*А. Д. Петрикев, 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*

*Д. О. Бугаевский, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)207-22-20, e-mail: dbugaevskii@gmail.com*

**Постановка задачи.** В России расположено огромное количество небольших населенных пунктов, инфраструктура которых развита недостаточно. Это одна из ключевых помех для их устойчивого развития. В работе рассматриваются подходы по оптимизации систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов России с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

**Результаты.** Рассматриваются особенности энергоснабжения таких территорий, включая высокие затраты на инфраструктуру, зависимость от ископаемого топлива и сезонные колебания спроса. Особое внимание уделено возможностям применения солнечной, ветровой, геотермальной энергии и биомассы, а также интеграции гибридных систем, систем хранения энергии и автоматизированных решений.

**Выводы.** Показана необходимость адаптации технологий к местным условиям и разработки типовых решений для различных климатических зон России, что способствует повышению энергоэффективности и устойчивости жизнеобеспечения малых населенных пунктов.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, теплогазоснабжение, малые населенные пункты, гибридные системы, энергоэффективность, системы хранения энергии, автоматизация.

**Введение.** Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), включая солнечную, ветровую, геотермальную энергию и биомассу, открывают новые возможности для модернизации систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов. Эти технологии позволяют снизить зависимость от ископаемого топлива, уменьшить экологическую нагрузку и повысить энергоэффективность. Например, внедрение солнечных коллекторов в южных регионах России, таких как Краснодарский край, может покрывать до 60 % потребности в горячем водоснабжении, а котельные на биомассе в аграрных регионах, таких как Воронежская область, способны сократить выбросы CO<sub>2</sub> на 30–40 % по сравнению с угольными аналогами. Однако применение ВИЭ в малых поселениях сталкивается с рядом вызовов, включая высокие капитальные затраты, необходимость адаптации технологий к местным климатическим условиям и дефицит квалифицированных специалистов [1].

Цель данной статьи – проанализировать подходы использования ВИЭ для систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов, включая интеграцию гибридных систем, систем хранения энергии и автоматизированных решений.

Особое внимание уделяется технико-экономическим аспектам, практическим примерам реализации проектов и мерам государственной поддержки. В статье рассматриваются барьеры, препятствующие широкому внедрению ВИЭ, и предлагаются рекомендации по их преодолению, включая разработку типовых решений для различных климатических зон России [2].

### **1. Возможности использования возобновляемых источников энергии.**

Инфраструктура в малых населенных пунктах часто характеризуется высокой степенью износа. Например, тепловые сети, построенные в 1970–1980-х годах, имеют потери тепла до 30–35 %, что существенно увеличивает эксплуатационные расходы. В условиях ограниченных бюджетов муниципалитетов модернизация таких систем затруднена, что подчеркивает необходимость поиска альтернативных решений, таких как локальные системы на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Экологические аспекты также играют важную роль. Использование угля и дизельного топлива приводит к значительным выбросам парниковых газов и загрязняющих веществ. По оценкам Министерства природных ресурсов РФ, локальные котельные в сельской местности ежегодно выбрасывают в атмосферу более 1,5 млн тонн CO<sub>2</sub>, что составляет около 10 % от общего объема выбросов тепловой энергетики страны. Эти факторы усиливают необходимость перехода к более экологичным и устойчивым решениям, таким как ВИЭ [3].

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) представляют собой перспективное решение для модернизации систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов, позволяя снизить зависимость от ископаемого топлива, сократить эксплуатационные расходы и минимизировать экологический ущерб. Ключевыми видами ВИЭ, применимыми в условиях малых поселений, являются солнечная энергия, ветровая энергия, биомасса и геотермальная энергия. Каждый из этих источников имеет свои особенности, преимущества и ограничения, которые необходимо учитывать при проектировании локальных энергосистем. Рассмотрим их подробнее с учетом специфики российских регионов.

Солнечная энергия является одним из наиболее доступных видов ВИЭ для малых населенных пунктов, особенно в регионах с высоким уровнем солнечной радиации, таких как Краснодарский край, Республика Алтай или Ставропольский край, где среднегодовая инсоляция достигает 4,5–5,5 кВт·ч/м<sup>2</sup> в сутки. Солнечные системы можно разделить на два основных типа: тепловые (солнечные коллекторы) и фотоэлектрические (солнечные панели).

Солнечные коллекторы применяются для нагрева воды и отопления зданий. Плоские коллекторы, благодаря своей простоте и относительно низкой стоимости (около 20–30 тыс. рублей за м<sup>2</sup> в 2024 году), подходят для горячего водоснабжения (ГВС) жилых домов, школ и административных зданий. Вакуумные трубчатые коллекторы, хотя и более дорогие (до 50 тыс. рублей за м<sup>2</sup>), обеспечивают более высокую эффективность в условиях низких температур, что актуально для северных регионов России, таких как Архангельская область. По данным исследований НИИ энергетики (2023 год), солнечные коллекторы могут покрывать 50–70 % годовой потребности в ГВС в южных регионах и до 40 % в центральной части России, что существенно снижает нагрузку на традиционные котельные [4].

Фотоэлектрические панели (ФЭП) используются для выработки электроэнергии, которая может питать насосы, системы освещения, бытовые приборы или заряжать аккумуляторы для накопления энергии. Современные монокристаллические панели с КПД 20–22 % позволяют производить до 300 Вт с 1 м<sup>2</sup> при оптимальных условиях. Например, в поселке Солнечный (Республика Алтай) в 2022 году была установлена фотоэлектрическая станция мощностью 50 кВт, которая обеспечивает электроэнергией местную школу и медицинский пункт, сократив расходы на дизельное топливо на 25 %. Основным ограничением остается высокая стоимость аккумуляторных систем хранения (около 15–20 тыс. рублей за кВт·ч ёмкости), что требует тщательного экономического обоснования.

Ветровая энергия эффективна в регионах с устойчивым ветровым режимом, таких как побережья Мурманской области, Камчатского края или степные зоны Ростовской области, где среднегодовая скорость ветра превышает 5–6 м/с. Для малых населенных пунктов подходят ветрогенераторы малой мощности (1–100 кВт), которые отличаются компактностью и относительно низкими затратами на установку (от 100 тыс. рублей за 1 кВт установленной мощности) [1, 4].

Примером успешного применения является проект в селе Чаваньга (Мурманская область), где в 2023 году были установлены два ветрогенератора мощностью 10 кВт каждый. Эти установки обеспечивают около 30 % электроэнергии для местного коммунального хозяйства, включая уличное освещение и насосные станции. Для повышения надежности ветровые системы часто комбинируют с аккумуляторами или резервными дизель-генераторами, что позволяет компенсировать перерывы в генерации при низкой скорости ветра. Основным вызовом остается необходимость регулярного обслуживания турбин, особенно в условиях сурового климата, где обледенение лопастей может снижать эффективность на 10–15 %.

Биомасса, включающая древесные отходы, сельскохозяйственные остатки и органические отходы, является перспективным ресурсом для малых населенных пунктов, особенно в сельскохозяйственных регионах, таких как Воронежская или Белгородская области. Котельные на биомассе (щепа, пеллеты, солома) могут заменить угольные или дизельные системы, обеспечивая теплоснабжение с меньшими выбросами CO<sub>2</sub>. Например, котельная на древесных пеллетах мощностью 1 МВт, установленная в селе Покровское (Орловская область) в 2021 году, позволила сократить выбросы углерода на 35 % по сравнению с угольной котельной аналогичной мощности [2, 5].

Биогазовые установки, работающие на органических отходах (навоз, пищевые отходы), позволяют одновременно производить тепло, электроэнергию и органические удобрения. В поселке Новосергиевка (Оренбургская область) биогазовая установка мощностью 50 кВт, введенная в эксплуатацию в 2023 году, перерабатывает отходы местного животноводческого хозяйства, обеспечивая теплом 20 домов и производя около 400 м<sup>3</sup> биогаза в сутки. Основным ограничением является необходимость стабильного источника сырья и высокие затраты на строительство установок (от 5 млн рублей для малых систем).

Геотермальная энергия, основанная на использовании тепла грунта или подземных вод, подходит для регионов с доступом к геотермальным ресурсам, таких как Камчатка, Кавказские Минеральные Воды или Западная Сибирь. Тепловые насосы, использующие низкопотенциальное тепло (температура грунта 5–10 °C), обеспечивают высокий коэффициент преобразования энергии (СОР составляет от 3 до 5), что делает их эффективным решением для отопления и ГВС. Например, в поселке Терскол (Кабардино-Балкария) в 2022 году был реализован проект с использованием грунтовых тепловых насосов мощностью 100 кВт, который покрывает 80 % тепловой нагрузки местного пансионата.

Основным преимуществом геотермальных систем является их стабильность, так как температура грунта остается постоянной в течение года. Однако высокие капитальные затраты (до 500 тыс. рублей за кВт установленной мощности) и необходимость бурения скважин ограничивают их широкое распространение. Для малых населенных пунктов целесообразно использование компактных тепловых насосов типа «воздух–вода», которые проще в установке и требуют меньших инвестиций.

**2. Интеграция систем.** Эффективность ВИЭ возрастает при их комбинированном использовании. Например, сочетание солнечных коллекторов для ГВС, ветрогенераторов для электроснабжения и котельных на биомассе для отопления позволяет создать гибридную систему, которая компенсирует недостатки отдельных источников (рис.1). В российских условиях, где климатические и географические факторы сильно варьируются,

проектирование таких систем требует учета местных условий, включая уровень инсоляции, ветровой потенциал и доступность биомассы. По оценкам экспертов РАН за 2024 год, внедрение ВИЭ в малых населенных пунктах может сократить затраты на энергоснабжение на 20–40 % в течение 5–7 лет эксплуатации при условии государственной поддержки [6, 7].

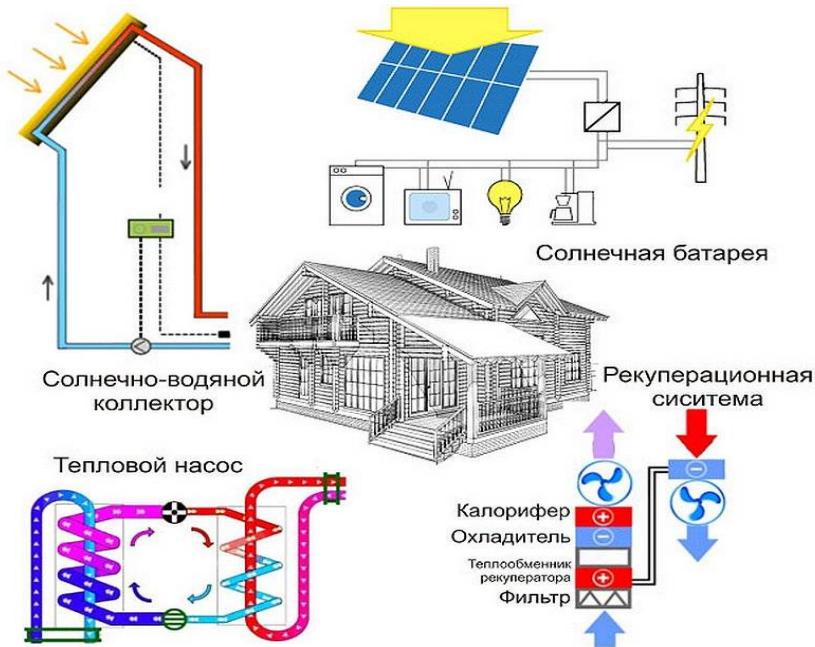


Рис. 1. Комбинированная система «экономный дом»

Оптимизация систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) требует комплексного подхода, объединяющего технические, экономические и организационные меры. Основная цель – повышение энергоэффективности, снижение эксплуатационных затрат и минимизация экологического воздействия [6, 7]. Рассмотрим ключевые направления оптимизации.

1) Гибридные системы, комбинирующие несколько источников энергии, таких как солнечные коллекторы, ветрогенераторы, котельные на биомассе или тепловые насосы, позволяют повысить надежность и эффективность энергоснабжения. Преимущество таких систем заключается в их способности компенсировать нестабильность отдельных источников. Например, солнечные коллекторы эффективны летом, но их производительность снижается зимой, тогда как котельные на биомассе могут обеспечить стабильное теплоснабжение в холодный период. В поселке Усть-Кан (Республика Алтай) в 2023 году была внедрена гибридная система, включающая солнечные панели (30 кВт) и котельную на древесных пеллетах (500 кВт). Эта система покрывает 60 % тепловой и 40 % электрической нагрузки поселка, сократив расходы на дизельное топливо на 1,2 млн рублей в год.

Для проектирования гибридных систем необходимо проведение энергетического аудита, включающего анализ тепловых и электрических нагрузок, климатических данных и доступности ресурсов. Например, в регионах с высокой ветровой активностью, таких как побережье Охотского моря, ветрогенераторы могут быть основным источником электроэнергии, дополненным солнечными панелями для летнего периода. Важным элементом является использование программного обеспечения для моделирования энергосистем, такого как HOMER или EnergyPLAN, которые позволяют оптимизировать конфигурацию системы с учетом пиковых нагрузок и сезонных колебаний [7, 8].

2) Системы хранения энергии. Стабильность энергоснабжения в условиях переменной генерации ВИЭ (например, солнечной или ветровой энергии) обеспечивается системами хранения энергии. Для теплоснабжения применяются тепловые аккумуляторы, такие как баки с горячей водой или фазопереходные материалы, которые накапливают избыточное тепло в периоды высокой генерации. Например, в поселке Красногорск (Алтайский край) в 2022 году была установлена система хранения тепла объемом 10 м<sup>3</sup>, которая позволяет сохранять избыточное тепло от солнечных коллекторов для использования в ночное время, обеспечивая до 12 часов автономного теплоснабжения.

Для электроснабжения используются литий-ионные или свинцово-кислотные аккумуляторы. В селе Терней (Приморский край) в 2024 году ветровая установка мощностью 20 кВт была дополнена аккумуляторной системой емкостью 50 кВт·ч, что позволило сократить использование дизельного генератора на 70 %. Однако высокая стоимость аккумуляторов (15–20 тыс. рублей за кВт·ч) и их ограниченный срок службы (5–10 лет) требуют тщательного расчета окупаемости. Альтернативой является использование систем управления нагрузкой, которые перераспределяют потребление электроэнергии в периоды пиковой генерации [1, 4].

3) Модернизация инфраструктуры и автоматизация. Снижение потерь энергии является критически важным для повышения эффективности систем теплогазоснабжения. В малых населенных пунктах тепловые сети часто имеют износ до 70 %, что приводит к потерям тепла до 40 % при транспортировке. Модернизация включает замену трубопроводов на трубы с пенополиуретановой изоляцией, которая снижает тепловые потери до 5–10 %. Например, в поселке Лебяжье (Ленинградская область) в 2023 году модернизация 2 км тепловых сетей позволила сократить потери тепла на 25 %, что эквивалентно экономии 300 тонн угля в год.

Автоматизация процессов управления энергоснабжением также играет ключевую роль. Установка датчиков температуры, давления и расхода, а также систем диспетчеризации (SCADA) позволяет оптимизировать работу котельных и распределительных сетей. В селе Октябрьское (Томская область) внедрение автоматизированной системы управления котельной на биомассе в 2022 году увеличило КПД системы с 75 % до 85 % и сократило расход топлива на 15 %. Такие решения требуют первоначальных вложений (от 500 тыс. рублей для малых систем), но окупаются за 3–5 лет за счет экономии ресурсов [2].

4) Экономический анализ и государственная поддержка. Экономическая эффективность внедрения ВИЭ зависит от баланса между капитальными затратами, эксплуатационными расходами и долгосрочной экономией. Например, установка солнечной станции мощностью 50 кВт требует вложений около 5 млн рублей, но позволяет сократить расходы на электроэнергию на 1–1,5 млн рублей в год в зависимости от региона. Для повышения доступности таких решений необходимы государственные программы поддержки. В России в 2024 году действуют субсидии на внедрение ВИЭ в рамках программы «Энергоэффективность и развитие энергетики», покрывающие до 30 % капитальных затрат. Кроме того, льготные кредиты под 3–5 % годовых, предоставляемые региональными фондами, стимулируют муниципалитеты к модернизации [2, 6].

Для оценки экономической целесообразности проектов используется метод расчета чистой приведенной стоимости (NPV) и срока окупаемости (PP). Например, анализ проекта в Усть-Кане показал, что NPV составляет 2,8 млн рублей при сроке окупаемости 6 лет, что подтверждает экономическую привлекательность гибридных систем при наличии субсидий.

**3. Перспективы внедрения.** Оптимизация систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) представляет собой стратегически важное направление для обеспечения устойчивого развития сельских территорий, снижения экологической нагрузки и повышения качества

жизни населения. Внедрение ВИЭ, таких как солнечная энергия, ветровая энергия, биомасса и геотермальные источники, в сочетании с современными подходами к проектированию и эксплуатации энергосистем, позволяет эффективно решать эти проблемы.

Анализ рассмотренных подходов – интеграции гибридных систем, использования систем хранения энергии, модернизации инфраструктуры и автоматизации, а также привлечения государственной поддержки – демонстрирует их высокую эффективность. Например, проекты в поселках Усть-Кан (Республика Алтай) и Терней (Приморский край) показали, что комбинирование солнечных, ветровых и биомассовых систем позволяет сократить потребление ископаемого топлива на 40–60 % и снизить выбросы CO<sub>2</sub> на 30–35 % в течение первых двух лет эксплуатации. Такие результаты подтверждают экономическую и экологическую целесообразность перехода к ВИЭ, особенно при наличии субсидий, покрывающих до 30 % капитальных затрат, как это предусмотрено российской программой «Энергоэффективность и развитие энергетики» в 2024 году.

**Выводы.** Перспективы дальнейшего развития связаны с внедрением цифровых технологий, таких как системы диспетчеризации (например, SCADA) и программное обеспечение для энергетического моделирования (например, HOMER), которые позволяют оптимизировать работу систем в реальном времени. Также важным направлением является разработка типовых решений для различных климатических зон России – от южных регионов с высокой инсоляцией до северных территорий с суровыми условиями. Например, в арктических регионах, таких как Мурманская область, акцент следует делать на ветровые установки и тепловые насосы, тогда как в аграрных регионах, таких как Воронежская область, приоритетными являются котельные на биомассе.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку методик оценки долгосрочной эффективности ВИЭ, адаптацию технологий к российским условиям и повышение доступности финансирования. Только при условии скоординированных усилий государства, научного сообщества и местных администраций малые населенные пункты смогут стать примером энергоэффективного и экологически безопасного будущего.

#### Библиографический список

1. Алхасов А.Б. Возобновляемые источники энергии: учеб. пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 270 с.
2. Родионов В.Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. М.: ЭНАС, 2010. 347 с.
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. Энергоснабжение малых населенных пунктов. Направления устойчивого развития / В.К. Аверьянов, В.Н. Толмачев, А.И. Тютюнников, А.Г. Михайлов, М.А. Журавский, А.А. Мележик // Вестник ВолгГАСУ. 2013. № 31(50). С. 459–467
5. Петрикеева Н.А., Цуканова О.С., Письменный Д.А. Использование теплоты конденсации продуктов сгорания теплогенерирующих установок систем теплоснабжения // Инженерные системы и сооружения. 2009. № 1 (1). С. 107–113.
6. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года [Электронный ресурс]. URL: <http://protariff.ru/uploads/umAZuldVU7x9aAwa.pdf> (дата обращения: 27.06.2025).
7. Иванова А.А. Энергоэффективность и возобновляемые источники энергии в системах теплоснабжения. М.: Изд-во МГСУ, 2022. 288 с.
8. Чернышев В.В., Серикова И.А., Петрикеев А.Д. Использование возобновляемых источников энергии для систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. № 4(41). С. 34–37.

*Для цитирования:* Использование возобновляемых источников энергии для систем теплогазоснабжения малых населенных пунктов / В.В. Чернышев, А.Д. Петрикеев, Г.С. Сериков, Д.О. Бугаевский // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. № 4(41). С. 44–49.

## СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ

УДК 622.276

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УСТОЙЧИВОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ НА НОВОПОРТОВСКОМ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТОРНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

В. Г. Бузуверова, А. С. Шабанова, А. И. Калинина, Е. В. Плаксина

Воронежский государственный технический университет

В. Г. Бузуверова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(908)137-91-44, e-mail: viktoria.buzuverova@yandex.ru

А. С. Шабанова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия г. Воронеж, тел.: +7(951)149-48-40, e-mail: alyona.shabanova.04@mail.ru

А. И. Калинина, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)207-22-20, e-mail: aikalinina@cchgeu.ru

Е. В. Плаксина, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г. Воронеж, тел: +7(473)271-53-21, e-mail: eplaksina@cchgeu.ru

**Постановка задачи.** Месторождение Новый Порт является уникальным и значимым как один из крупнейших и важнейших проектов в Российской нефтяной отрасли. Данная работа необходима для раскрытия специфики создания инфраструктуры для круглогодичной транспортировки нефти в суровых арктических условиях.

**Результаты.** Проанализирован масштаб и важность Новопортовского месторождения, рассмотрена работа терминала «Ворота Арктики» и описаны инновационные решения в области транспортировки.

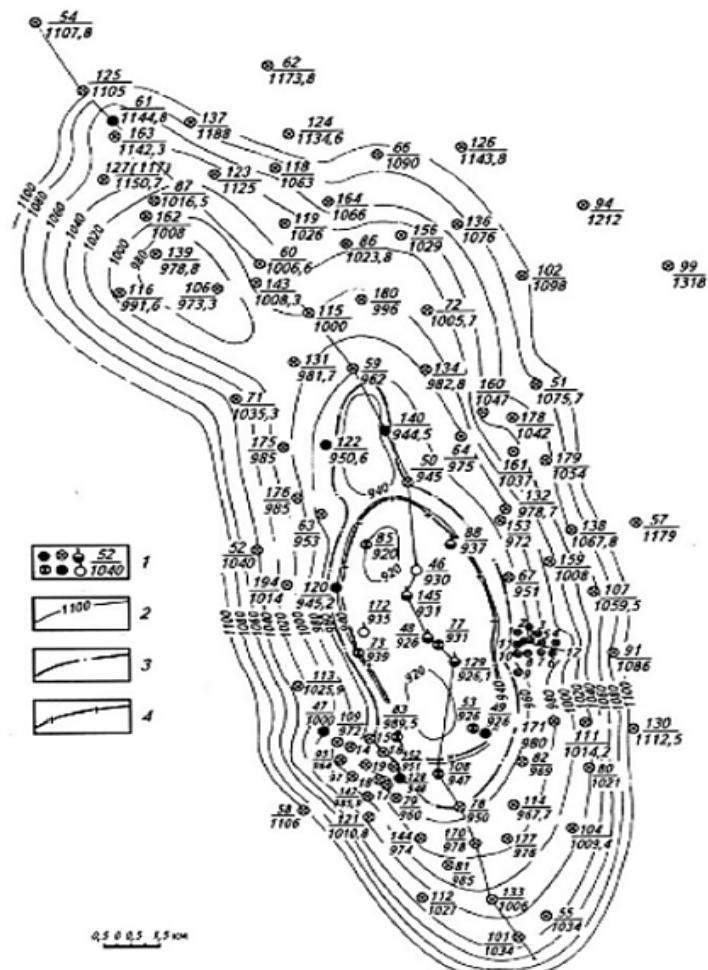
**Выводы.** Новый Порт является знаковым проектом по добыче нефти и нефтепродуктов, а также настоящим прорывом в области освоения труднодоступных территорий, показавший эффективную работу даже в самых суровых климатических условиях Крайнего Севера. Реализуемые технологические решения являются значимыми и высокоэффективными.

**Ключевые слова:** Новый Порт, нефтяное месторождение, терминал, танкер, технология, добыча, Арктика.

**Введение.** Новопортовское месторождение является ключевым объектом на полуострове Ямал. Это самый северный и масштабный проект, который находится на стадии разработки. В 360 км к северо-востоку от Салехарда, в Ямальском районе ЯНАО, находится Новый Порт. До побережья Обской губы от него около 30 км. До ближайшего крупного населенного пункта – города Надыма – 250 км [1].

Ключевым ограничивающим фактором для добычи служит геологическое строение района месторождения, отличающееся наличием мощной толщи вечной мерзлоты, достигающей 400 метров. Нефть в Арктике, источником которой послужили отложения юрского периода (возрастом около 200 млн лет), залегает на глубине более двух километров, укрыта панцирем вечной мерзлоты. Общее число скважин разведочного типа, которые были пробурены, составило 117 единиц (рис.1). Хотя крупные запасы нефти и газа были обнаружены здесь ещё в 1964 году, их разработка долгое время была заблокирована целым

рядом препятствий. Экстремальный и для Арктики климат с температурами от минус 55 °C до плюс 30 °C и ветрами до 40 м/с, а также полное отсутствие транспортных связей делали начало полномасштабных работ невозможным [2].



**Рис. 1.** Карта структурных элементов по верхней границе пласта-коллектора Новопортовского месторождения: 1 – поисково-разведочная скважина (в числителе – номер скважины, в знаменателе – абсолютная отметка кровли пласта); 2 – изогипсы; 3 – граница водонефтяного контакта; 4 – граница газонефтяного контакта

**1. Работы на месторождении.** В 2010 году «Газпром» принял решение о передаче управления проектом «Газпром нефти». Сегодня ответственность за его реализацию лежит на ООО «Газпромнефть-Ямал», но масштабное его освоение началось в 2012 году. В июне текущего года на месторождении достигнуты значительные результаты: завершено бурение первой эксплуатационной наклонно-направленной скважины глубиной 2200 метров. Одновременно с этим, в процессе расконсервации других скважин, зафиксирован фонтанный приток нефти с дебитом свыше 140 м<sup>3</sup>/сутки.

Проведение буровых работ в условиях вечной мерзлоты – это задача без права на ошибку. Специальная организация в городе Санкт-Петербурге дистанционно контролирует работу буровиков, применяя телеметрию. Этот метод способен выявлять отклонения на ранних стадиях, скорректировать и спрогнозировать дальнейшие действия [3].

Компания «Газпром нефть» с целью увеличения производительности добывающих операций и повышения её экологических факторов внедрила инновационный способ

использования попутного нефтяного газа (ПНГ). Для поддержания пластового давления ПНГ закачивают обратно в пласт, предварительно подготовив его (произведя осушку и сжатие). Этот метод заменяет менее эффективное сжигание газа и способствует фонтанированию нефти [4, 5].

Сорт Novy Port содержит малое количество примесей: 0,1 % серы и 0,14 % асфальтенов. Именно это определило идеальность сырья для переработки. На международном рынке этот российский сорт превосходит известный европейский сорт Brent с содержанием серы 0,5 % и 2,4 % асфальтенов (рис.2).

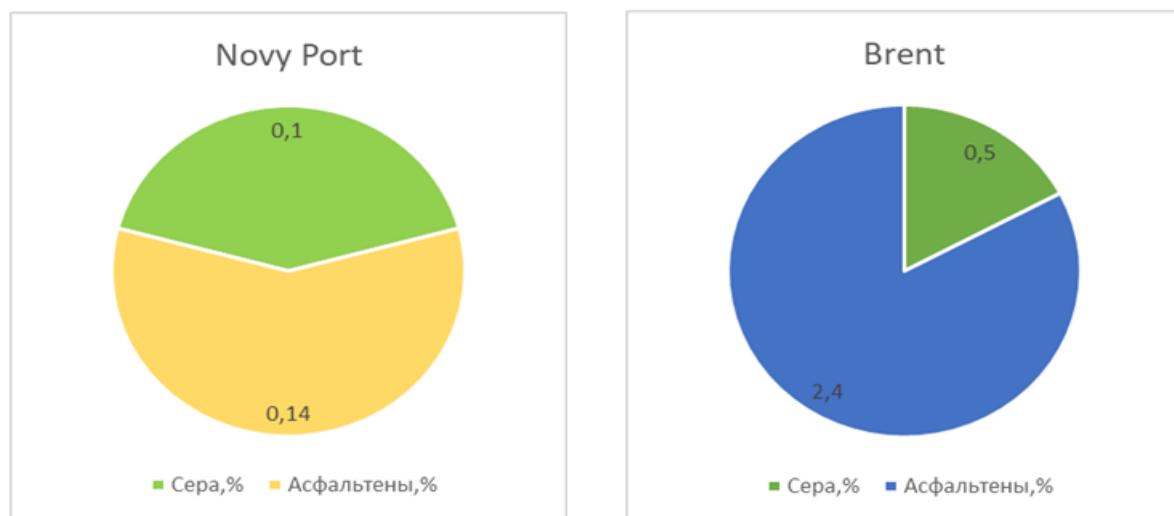


Рис. 2. Диаграммы сравнения содержания примесей в сортах

Запуск бурения в полном объеме на Новопортовском месторождении состоялся летом 2014 года. Запасы, подлежащие извлечению, категорий С1 и С2 – более 250 млн тонн нефти и конденсата, а также более 320 млрд м<sup>3</sup> газа. Первая отгрузка нового сорта произошла зимой 2015, а благодаря сопровождению атомохода танкер успешно прошел по Севморпути.

На сегодняшний день арктические активы «Газпром нефти» включают 27 кустовых площадок, на которых расположено 342 скважины [6]. Для достижения проектной производительности терминала на Новопортовском месторождении запланировано увеличение фонда промысловых скважин и расширение парка резервуаров. Реализация этих мероприятий даст возможность уменьшить время налива одного танкера в два раза – с 17 часов до 8,5.

**2. Транспортировка.** Полуостров Ямал обязан своим названием языкам местных коренных народов: слово «Ямал» дословно означает «Край земли» («я» – земля, «мал» – конец).

Суровый климат и удалённое географическое положение стали дополнительными факторами, из-за которых освоение Новопортовских залежей, открытых ещё в XX веке, было отложено почти на 50 лет.

Результаты работы старой схемы, включавшей вывоз нефти автоцистернами по тундре на 200 км до железнодорожной станции «Паюта», её сложную перегрузку и долгую доставку по железной дороге, обосновали необходимость применения новых логистических решений.

В период с 2014 по 2016 годы был проложен участок нефтепровода протяженностью 103 км, соединивший центральный пункт сбора (ЦПС) с посёлком Мыс Каменный на берегу Обской губы. По всей длине трубопровода действует система электрообогрева для поддержания температуры нефти на уровне плюс 40 °С. Инженерное решение с размещением нефтепровода на высоких опорах исключает деструктивное воздействие на

вечномёрзлые породы и растительный покров территории. Дополнительно, после исследования миграции оленей, для животных были обеспечены беспрепятственные переходы [7, 8].

Пройдя по нефтепроводу от месторождения в тундре до берега, нефть попадает на приемосдаточный пункт (ПСП). На этом этапе она проходит очистку через фильтры-грязеуловители для удаления микроскопических частиц, которые могли попасть в неё со стенок трубы во время транспортировки. Каждая партия перед морской отправкой подвергается «паспортизации» – лабораторному контролю, подтверждающему её высокие параметры. Резервуарный парк ПСП состоит из емкостей различного объема. В нем предусмотрен подогрев нефти до плюс 42 °С.

Надежность и герметичность резервуаров больших размеров, стоящих на слое вечной мерзлоты с горячей нефтью, обеспечивает система заморозки фундамента. Для работы резервуарного парка пункта сбора продукции под ним расположена мощная охлаждающая установка, работающая без остановки [3, 9].

Для обеспечения бесперебойных поставок нефти в запланированных объемах компания «Газпром нефть» предложила нетривиальное решение – модернизацию системы погрузки танкеров. Из-за малых глубин побережья Обской губы (не более 12 метров), препятствующих подходу крупнотоннажных судов, был возведен нефтеналивной терминал в 3,5 км от береговой линии, что позволило безопасно проводить загрузку (рис.3).

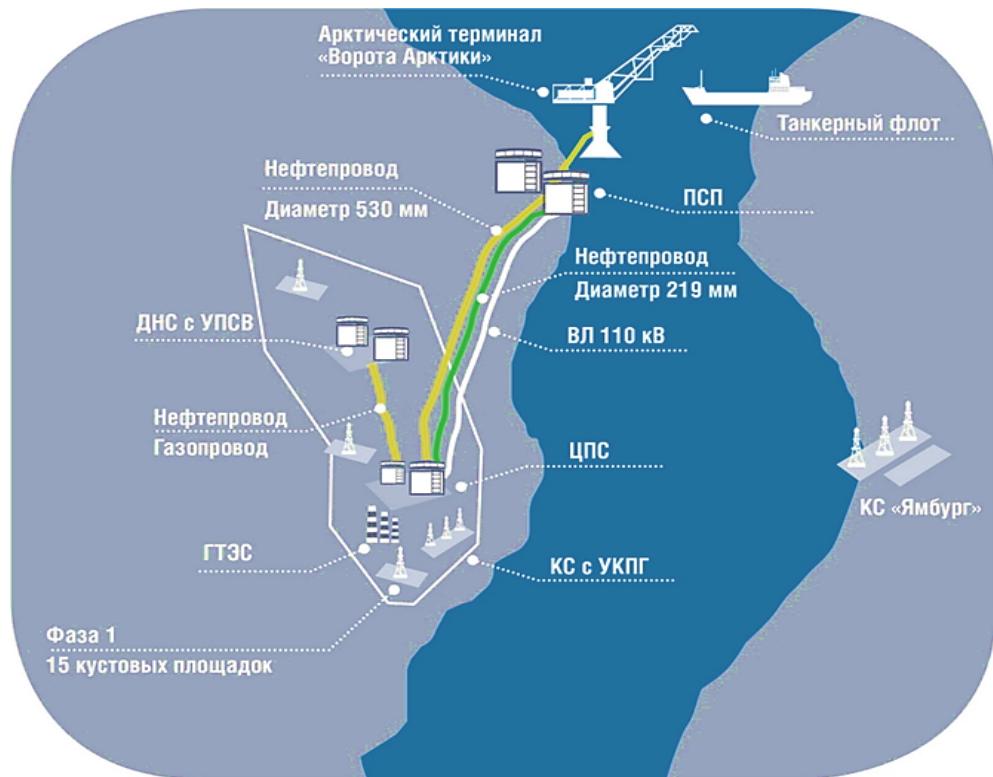


Рис. 3. Схема транзита нефти в пределах месторождения

Компания «Газпром нефть» разработала специализированную инфраструктуру и собственный флот, исходя из особенностей сложной логистики месторождения. Нефть транспортируют по автоматизированному напорному трубопроводу длиной свыше 100 км и производительностью 600 тыс. т/год. Он осуществляет прямую подачу сырья к терминалу «Ворота Арктики». Чтобы предотвратить аварийный разлив нефти и нефтепродуктов в

открытое море, трубопровод заключен в герметичное укрытие из бетона, которое обеспечивает наивысшую устойчивость системы в суровых условиях Крайнего Севера [10].

Нефть отгружают на танкеры, сделанные из высокопрочной стали, устойчивой к низким температурам. Они способны пройти лед толщиной 1,8 м. Для безопасного проведения танкеров по Северному морскому пути задействуются мощные ледоколы, работающие на дизельном топливе с электрогенерацией для двигателей – «Александр Санников» и «Андрей Вилькицкий», способные эффективно функционировать при температурах до минус 50 °С и обладающие высокими маневренными характеристиками – разворотом на 360° за одну минуту. Недалеко от Мурманска нефть перекачивают на другое судно для дальнейшей транспортировки конечным потребителям (рис.4) [4, 11].



Рис. 4. Инфраструктурная цепочка доставки нефти с Новопортовского месторождения

**3. Нефтеналивной терминал «Ворота Арктики».** Нефтеналивной терминал «Ворота Арктики» признан уникальным сооружением мирового уровня. Его главная отличительная черта – расположение в пресноводной акватории за Полярным кругом, что не имеет аналогов в мировой практике. Конструкция объекта выполнена в виде башни, с надводным сегментом высотой 63 метра и подводным – 17 метров. Стабильность всей конструкции достигается за счёт фундамента, состоящего из двенадцати свай. Эти опоры погружены в толщу вечномерзлых грунтов на глубину 85 метров (рис.5) [2, 12].

Важнейшей отличительной чертой данного объекта выступает его полностью дистанционный режим функционирования. Это выражается в следующих аспектах:

- на самом терминале, связанном с берегом посредством подводного трубопровода, отсутствует вахтовый персонал;
- надежность работы обеспечивается за счет дублирования всех главных систем;
- работа оборудования обеспечивает неизменность параметров в условиях ультранизких температур, достигающих минус 50 °С.

Терминал оснащен двухступенчатой системой безопасности, гарантирующей строгое соблюдение норм как в области промбезопасности, так и в сфере экологии. Конструкция предусматривает устойчивую к перепадам давления арматуру, предотвращающую гидроудары. В случае идентификации даже незначительной вероятности разгерметизации, перекачка нефти по трубопроводным коммуникациям автоматически блокируется. Помимо этого, на объекте размещены аварийные ёмкости, предназначенные для приёма всего объёма углеводородов при внезапной расстыковке танкера до полной остановки перекачивающих агрегатов. Эта технология, полностью исключающая попадание нефтепродуктов в окружающую среду, известна под названием «принцип нулевого сброса» [8, 13].

Резервуарный парк и терминал «Ворота Арктики» удалены друг от друга на 5 км, половина из которых проходит по дну залива, покрытому арктическим льдом. Соединяющий их подводный трубопровод для предотвращения замерзания постоянно поддерживается в рабочем состоянии за счёт рециркуляции подогретой нефти в периоды между отгрузками. История отгрузок с терминала «Ворота Арктики» началась 25 мая 2016 года, когда президент Владимир Путин дал команду на старт.

## АРКТИЧЕСКИЙ ТЕРМИНАЛ

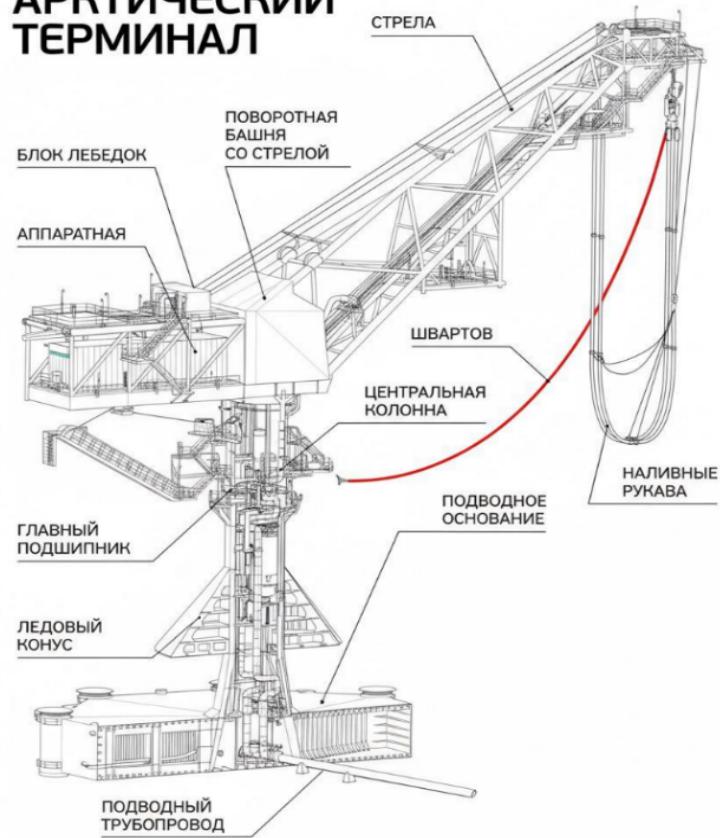


Рис. 5. Схема нефтеналивного терминала «Ворота Арктики»

Сейчас этот объект является ключевым звеном в логистической цепи с потенциалом отгрузки 8,5 млн тонн нефти в год (рис.6). Это позволило Новому Порту в полной мере раскрыть свой потенциал.

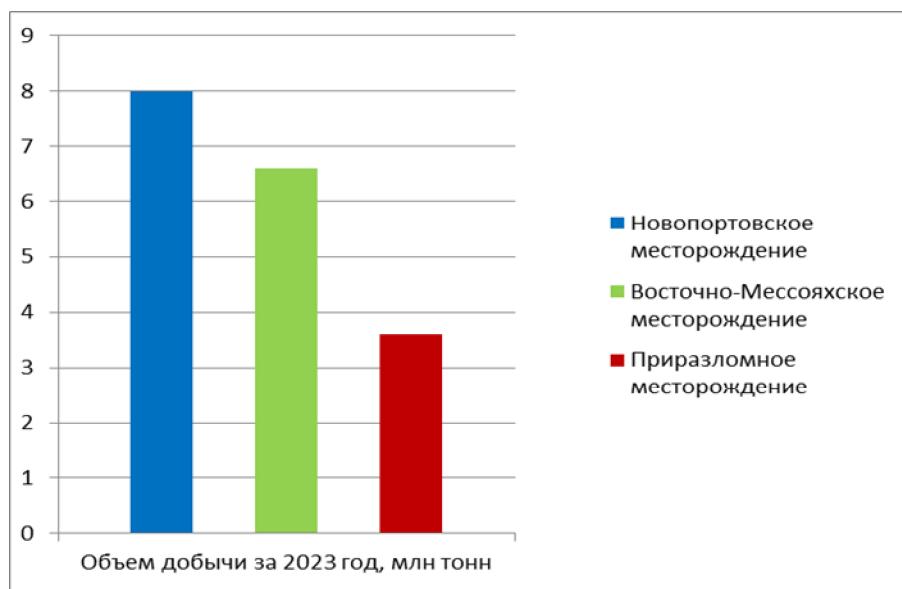


Рис. 6. Гистограмма объемов добычи месторождений

Рассмотрев крупнейшие нефтяные Арктические месторождения, в частности Новопортовское, Восточно-Мессояхское и Приразломное, изучив их объемы добычи за 2023 год, был сделан вывод, что Новопортовское месторождение является лидером по добыче и имеет более высокий потенциал для будущего роста.

**Выводы.** Изучив структуру данного месторождения, был сделан вывод, что «Новый порт» является критически важным проектом для российской нефтяной отрасли, показав возможность его успешной реализации в экстремальных условиях Арктики. Также были изучены инновационные технологии по добыче и транспортировке углеводородов, которые обеспечивают непрерывную работу всех взаимосвязанных систем.

В конечном счете, Новопортовское месторождение рассматривается как стратегически важный объект с масштабными планами развития отдаленных запасов углеводородов и подтверждает долгосрочное значение Арктики для мирового энергетического будущего. Принятые технологические решения показали высокую эффективность и могут быть использованы для дальнейших разработок и проектов.

#### Библиографический список

1. Новопортовское нефтегазоконденсатное месторождение [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 12.10.2025).
2. Как «Ворота Арктики» открыли путь для нефти «Новый порт» [Электронный ресурс]. URL: <https://arctic-russia.ru> (дата обращения 13.10.2025).
3. Novy Port – арктическая нефть России [Электронный ресурс]. URL: <https://gigarama.ru> (дата обращения 11.10.2025).
4. Новопортовское месторождение – ПАО «Газпром нефть» [Электронный ресурс]. URL: <https://web.archive.org> (дата обращения 12.10.2025).
5. 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.
6. Мониторинг объектов нефтегазовой сферы как составляющая комплексной защиты от внешних воздействий / В.В. Вихарев, А.В. Дядина, А.И. Калинина, А.И. Коровкина // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. № 2 (35). С. 40–46.
7. Рыбальченко Р.В., Петрикеева Н.А., Калинина А.И. Прогнозирование результативности процессов в нефтегазовой отрасли // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли 2024: материалы IX Международной научно-практической конференции. Альметьевск, 2024. С. 1053–1055.
8. Коровкина А.И., Перминов З.П., Калинина А.И. Экологические проблемы, вызванные деятельностью предприятий нефтегазового сектора и действия компаний по снижению вреда экологии // Молодежь и системная модернизация страны: сборник научных статей 9-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. Курск, 2025. С. 219–224.
9. Кузьмина А.А., Бурлуцкий Д.С., Калинина А.И. Подводные нефтехранилища в арктических условиях // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых – 2024: сборник научных статей 13-й Международной молодежной научной конференции. Курск, 2024. С. 358–361.
10. Дикарева В.И., Калинина А.И. Меры по обеспечению безопасности труда и защите окружающей среды в нефтегазовой отрасли // Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее: сборник научных статей 7-й Всероссийской научной конференции: в 4-х томах. Курск, 2024. С. 21–25.
11. Меры по предупреждению неблагоприятного воздействия строительства на экологическую обстановку в мире / С.Ю. Нерозина, Д.М. Тихонова, А.В. Веревкина, А.И. Коровкина // Строительство и недвижимость. 2021. № 2(9). С. 131–135.
12. Вернигора В.В., Петрикеева Н.А., Чудинов Д.М. Оценка сложности добычи нефти на российском шельфе // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2017. № 4(9). С. 52–58.
13. Коровкина А.И., Тульская С.Г. Организация транспортировки нефти и газа с арктических шельфовых месторождений и экономическое развитие нефтегазового рынка // Молодежь и наука: шаг к успеху: сборник научных статей 6-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых. Курск, 2022. С. 267–272.

*Для цитирования:* Технологические решения для устойчивой добычи нефти на Новопортовском нефтегазоконденсатном месторождении / В.Г. Бузуверова, А.С. Шабанова, А.И. Калинина, Е.В. Плаксина // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2025. № 4(41). С. 50–56.

## **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 А 4. 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 препримта;
- 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.