

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО  
ИНФРАСТРУКТУРА  
КОММУНИКАЦИИ**

**Выпуск № 3(36) 2024**

**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](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 № 3(36)**

**Сентябрь, 2024**

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

**Воронеж**



Издается с 2015 года

## ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО ИНФРАСТРУКТУРА КОММУНИКАЦИИ

Научный журнал

Выходит 1 раз в квартал

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

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

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дата выхода в свет 30.09.2024. Усл. печ. л. 6,3. Формат 60×84/8. Тираж 25 экз. Заказ № 205

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-68664

выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Цена свободная

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

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

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

ОПЕЧАТАНО: отдел оперативной полиграфии издательства ВГТУ

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

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....</b>	<b>6</b>
<i>Шнурникова Е. П., Трусова Е. А.</i> Применение инновационных материалов на примере реконструкции «Театрального дома» в городе Москве .....	6
<b>ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ.....</b>	<b>11</b>
<i>Астахов Д. О., Старцев П. В., Петрикеева Н. А.</i> От устаревшей элеваторной схемы индивидуальных тепловых пунктов к современным автоматизированным системам .....	11
<i>Старцев П. В., Давыдов А. Н., Петрикеева Н. А., Бугаевский Д. О.</i> Проблемы и перспективы развития теплоэнергетики города Воронежа .....	16
<i>Давыдов А. Н., Астахов Д. О., Скляр К. А.</i> Перспективы и вызовы теплоэнергетических систем будущего.....	24
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ .....</b>	<b>30</b>
<i>Фирсов Т. С., Мышовская Л. П., Петрикеев А. Д.</i> Сравнение методов осушки природного газа на промышленной подготовке .....	30
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ .....</b>	<b>35</b>
<i>Беленко И. В., Калинина А. И., Коровкина А. И.</i> Быстровозводимые опоры линий электропередач .....	35
<i>Николайчик А. В., Былинкин Д. А.</i> Анализ электрических зарядных станций и состояния современных электромобилей .....	40
<b>ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....</b>	<b>49</b>

---

# АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

---

УДК 69.059.7

## ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРИМЕРЕ РЕКОНСТРУКЦИИ «ТЕАТРАЛЬНОГО ДОМА» В ГОРОДЕ МОСКВЕ

Е. П. Шнурникова, Е. А. Трусова

---

*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*

*Е. А. Трусова, студент кафедры строительных конструкций*

*Россия, г. Краснодар, тел.: +7(952)861-48-66, e-mail: e.a.trusova@mail.ru*

---

**Постановка задачи.** Статья представляет собой обзор архитектурного проекта реконструкции «Театрального дома» на Поварской улице в городе Москве. Авторы анализируют ключевые аспекты реконструкции, включая исторический контекст, архитектурные подходы, применение инновационных технологий и материалов, а также методы работы, примененные при восстановлении здания.

**Результаты.** Уделяется особое внимание современным материалам, таким как стеклофибробетон. Анализируются технологические инновации, использованные в рассматриваемом проекте, и их значение в сохранении исторических архитектурных памятников в современном мире.

**Выводы.** Работа выявляет не только технические аспекты реконструкции «Театрального дома», но и подчеркивает важность инновационных подходов и новых материалов в сохранении культурного наследия. Исследование отражает значимость современной архитектурной практики в сохранении и восстановлении исторических архитектурных памятников для будущих поколений.

**Ключевые слова:** реконструкция, театральный дом, стеклофибробетон, инновации, реставрация, культурное наследие, исторические здания.

**Введение.** Реконструкция и сохранение исторических зданий являются ключевыми аспектами в современной архитектурной практике, особенно в контексте объектов, обладающих историческим и культурным значением [1, 2]. В данной работе мы обсудим проект реконструкции «Театрального дома» на Поварской улице в городе Москве, пролив свет на методы, использованные в процессе восстановления, а также особенности архитектурного подхода, приведшего к возрождению этого исторического памятника.

**1. Исторический контекст и значимость объекта.** Театральный дом на Поварской (рис.1) – это символ Москвы, представляющий собой уникальное сочетание исторической архитектуры и культурного значения. Расположенный в историческом центре города, этот театр стал визитной карточкой московской культурной жизни. Не только его архитектурные черты, но и исторические события, связанные с этим зданием, делают его важным объектом для реставрации и сохранения [3, 4].

---



Рис. 1. Дворовой фасад «Театрального дома»

История этого здания переплетается с Великой Отечественной войной, когда летом 1941 года оно пострадало от бомбардировки. Однако, сегодня отреставрированный фасад стал важной частью престижного квартала «Театральный дом». Реконструкцией и реставрацией этого дома на Поварской занималось ГУП «Моспроект-2» имени Посохина, а за архитектурные и художественные решения отвечал заслуженный архитектор России Павел Андреев.

Новые корпуса были спроектированы в стиле модерн, сохраняя дух этого исторического московского района, где множество знаковых объектов возвели на стыке XIX и XX веков. Николай Струков, являющийся адептом модерна, помимо этого здания, спроектировал множество других архитектурных объектов по всей Москве.

Модерн, зародившийся в Европе, в России превратился в самостоятельное, уникальное направление, оставив свой отпечаток в архитектуре [5, 6]. Этот стиль изначально предназначался для роскошных частных особняков и отличался отказом от классических форм в пользу новых материалов, таких как металл, бетон и железобетон. Новые технологии позволили увеличить этажность зданий, создать более масштабные арки и окна.

Сегодня «Театральный дом» является единственным проектом, который по-прежнему выражает эстетику и философию модерна в каждой детали, позволяя оценить его непосредственно. Этот квартал завершен и представляет собой новую страницу стиля «для удовольствия и восхищения».

**2. Инновационные материалы для отделки фасадов.** В реставрации исторических зданий традиционные материалы были основным выбором. Однако классические элементы ордеров, такие как пилястры с изысканными капителями и оконные рамы с сандриками, были созданы из стеклофибробетона. Этот материал оказался бесценным при восстановлении белокаменной отделки, учитывая склонность натурального камня к быстрому разрушению, особенно в условиях современного городского окружения. Испытания материала подтверждают коррозионную стойкость, неизменность внешнего вида и долговечность решений из стеклофибробетона.

Фасады новых корпусов, обращенных во внутренний двор, представляют собой настоящий художественный эксперимент. Декоративные керамические панно на фризах внутренних фасадов выполнены по специальным авторским рисункам, вдохновленным растительными и цветочными мотивами стиля модерн конца XIX – начала XX веков (рис.2).

Между окнами помещены скульптурные панно с изображением лилий, созданные художниками из мастерской Павла Андреева. Эти панно придают дому атмосферу

театральности и радостного праздника. Каждый корпус имеет свой уникальный рисунок на фасаде, выполненный из керамической глазурованной плитки. Общая площадь художественных панно составляет 690 кв.м. Нижние этажи отделаны натуральным московским песчаником, а верхние – плиткой.

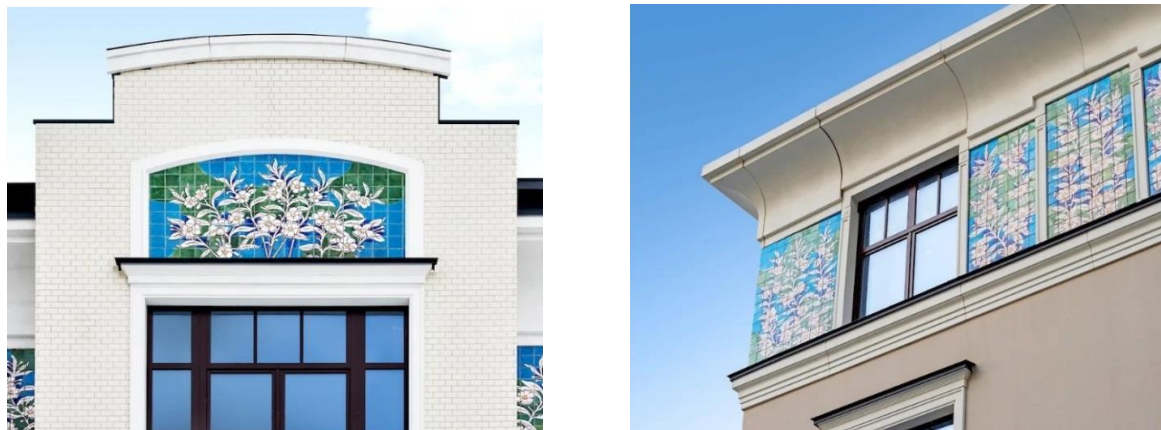


Рис. 2. Декоративные панно на фризах здания

Интересно, что скульптурные панно с изображением лилий между окнами были закреплены непосредственно на утеплителе. Это стало еще одним инновационным решением в данном проекте.

В начале XX века в период модерна все детали создавались вручную, но сегодня эту задачу решают цифровые технологии: станки с числовым программным управлением создают формы для отливки из пенополистирола. Разнообразие деталей, изготовленных для «Театрального дома», и технологические решения, предложенные компанией, свидетельствуют об обширных возможностях стеклофибробетона для создания индивидуального и запоминающегося облика зданий, будь то современный стиль или историческая эстетика [7, 8].

**3. Реставрационные работы и архитектурный подход.** Слияние инноваций, комфорта и культурного обогащения в комплексе «Театральный дом» на Поварской улице представлено в восьми секциях, каждая из которых имеет высоту от четырех до семи этажей. В этой архитектурной симфонии находится 129 квартир, варьирующихся в размере от 67 до 270 м<sup>2</sup>. Каждая из этих квартир – это не только удобное место жительства, но и образец передовых технологий. Особенности верхних этажей является возможность использования крыш в качестве уникальных террас для дополнительного пространства и возможностей. Высота потолков в жилых помещениях начинается с 3,1 м и может достигать 4,2 м на определенных уровнях. Окна большинства апартаментов открываются на две или три стороны: либо на внутренний двор, либо на тихие переулки. Некоторые из них предлагают потрясающий вид на Кремль, Новый Арбат и храм Преподобного Симеона Столпника.

Под общей площадью комплекса находится трехуровневый подземный паркинг с системой автоматической идентификации номерных знаков. Здесь доступно 283 машино-места, что вдвое превышает количество апартаментов. Также предусмотрена мойка с тремя постами. В этой зоне также имеются кладовые помещения площадью более 5 м<sup>2</sup>, предназначенные для хранения велосипедов.

Особое внимание уделено входным группам, где продолжается авторский декор, сочетающийся с внутренними фасадами. Лобби украшены мрамором и деревянными панелями, а дубовые двери с витражным остеклением гармонируют с интерьером.

Мебель, освещение и декор в ресепшн и лаунж-зонах выполнены в стиле ар-нуво. Люстры изготовлены из богемского стекла.

Лобби и общественные пространства украшены уникальными репродукциями театральных афиш XX века из коллекции Театрального музея имени Алексея Бахрушина. Копии картин и афиш чешского художника и дизайнера Альфонса Мухи, а также французского импрессиониста Эдгара Дега добавляют особый шарм общественным пространствам. Чтобы создать уникальную галерею, компания «Галс-Девелопмент» заключила соглашение с Государственным центральным театральным музеем имени А. А. Бахрушина о приобретении цифровых копий театральных афиш XX века, связанных с постановками произведений как российской, так и зарубежной литературы. Вся эта культурная обстановка подчеркивает традиции Московских дворов, вечно прославленных в картинах и стихах, и передает уникальный дух «Театрального дома».

Внутренний двор площадью 2,1 тыс. кв. м не предназначен для проезда автомобилей. Здесь создан уникальный ландшафтный дизайн, сочетающийся с общим стилем комплекса (рис.3). За привлекательными фасадами скрыты передовые технологии: системы приточной вентиляции, центрального кондиционирования VRV, индивидуальные тепловые пункты, противопожарная система спринклеров и дымоудаления, а также централизованная система. Внутренние фасады, ведущие в просторный охраняемый двор, были заново спроектированы Павлом Андреевым в стиле русского модерна. В этой уникальной работе использованы ручная роспись и декор в лепных формах [9, 10].



Рис. 3. Визуализация внутреннего двора «Театрального дома»

Скрытая за орнаментированными внешними стенами яркая, изящно проработанная внутренняя атмосфера дома отражается на дворовых фасадах. Архитектуре этого здания присуще нечто театральное: будто ступив за скромные кулисы, оказываешься на яркой сцене [11, 12]. Но это представление предназначено лишь для узкого круга зрителей, что особенно ценно в нашем спешном мире. Еще более ценно, как идеально этот дом, сочетающий в себе и классику, и современность, соответствует духу района Поварской. Воплощение гармонии и олицетворение идеала для будущих застройщиков и реставраторов Москвы. И, надо думать, прекрасное место для жизни.

В последнее время многие старинные здания по всей стране меняют свое назначение и обретают «вторую жизнь», более насыщенную и гармоничную [13].

**Выводы.** «Театральный дом» не только воссоздал свой фасад после тяжелых времен войны, но и преобразился в символ современной элегантности, соединив в себе историческое наследие и современные тенденции архитектуры. Этот проект – не просто строение, это гармония прошлого и настоящего, где каждая деталь отражает уважение к истории и жажду инноваций.

Строительство «Театрального дома» призвано увековечить стиль модерна, который стал неотъемлемой частью московской архитектуры. Фасады, оживленные художественными панно и декоративными элементами, несут в себе дух того времени и являются памятником красоты и элегантности.

Использование стеклофибробетона в фасадных решениях, инновационные подходы в архитектуре и дизайне, уникальные элементы декора – все это доказывает, что при реконструкции и реставрации можно и нужно использовать современные материалы.

#### Библиографический список

1. Нащокина М.В. Реконструкция Нового театра на Театральной площади Москвы // Архитектурное наследие. 2022. № 76. С. 192–203.
2. Архипович В.В., Шнурникова Е.П. Современные технологии в сфере реконструкции и реставрации объектов культурного наследия г. Краснодара // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2022. № 4. С. 29–32.
3. Анисимов А.В. Новые театральные здания Москвы, XXI век (о спрятанных театрах) // Academia. Архитектура и строительство. 2018. № 3. С. 55–65.
4. 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.
5. Анисимов А.В. Театральные здания Москвы : История и архитектура / А. В. Анисимов. М.: Курс, 2017. 384 с.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Чистякова С.Б., Смывковская Г.Ю., Краснощекова Н.С. Методические основы составления территориальных схем охраны окружающей среды городов // Науч.-метод. аспекты разработки территориальных комплексов, схем охраны окружающей среды городов. 1986. С. 7–19.
10. Гуртяк М.А., Вильчинская П.П. Проектирование высотного здания с учетом экологических факторов // Академия педагогических идей Новация. Серия: Студенческий научный вестник. 2019. №2. С. 5–17.
11. Трофимчук Д.А. Зеленые насаждения урболандшафтов как способ оптимизации городской среды // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: материалы VI Международной научной конференции (к 100-летию со дня рождения профессора В.А. Дементьева). 2018. С. 241–244.
12. Анисимов А.В. Театральные архитекторы России // Academia. Архитектура и строительство. 2017. №3. С. 49–64.
13. Шнурникова Е.П., Вибе А.Д. ГЭС-2 в Москве как уникальное культурное пространство // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. №1 (34). С. 25–31.

*Для цитирования:* 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.

---

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

---

УДК 658.264

### ОТ УСТАРЕВШЕЙ ЭЛЕВАТОРНОЙ СХЕМЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ К СОВРЕМЕННЫМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СИСТЕМАМ

Д. О. Асташов, П. В. Старцев, Н. А. Петрикеева

*Воронежский государственный технический университет**Д. О. Асташов, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(905)682-19-80, e-mail: astashovdima2001@gmail.com**П. В. Старцев, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(950)773-17-33, e-mail: vindeta201@mail.ru**Н. А. Петрикеева, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(952)101-72-96, e-mail: petrikeeva.nat@yandex.ru*

---

**Постановка задачи.** Любая инженерная система и оборудование имеет определенный срок службы, моральный и физический износ, которые зависят от различных факторов. Статья освещает проблему устаревших элеваторных схем в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП) многоквартирных домов, приводящих к неэффективному использованию тепла и перерасходу энергии.

**Результаты.** Показана необходимость перехода к автоматизированным ИТП, которые обеспечивают точную регулировку температуры, оптимизируя потребление тепла и создавая более комфортные условия проживания. Проанализированы степень износа и имеющиеся дефекты, негативно влияющие на работоспособность системы.

**Выводы.** Элеваторная схема, несмотря на дешевизну, приводит к дисбалансу теплоснабжения и высоким потерям энергии. Рекомендовано внедрять автоматизированные тепловые пункты, обеспечивающие точное регулирование температуры, снижение затрат на отопление до 30 % и повышение комфорта в зданиях.

**Ключевые слова:** индивидуальный тепловой пункт, элеватор, автоматизация, энергоэффективность, отопление, горячее водоснабжение, экономия, регулирование.

**Введение.** Тепловой пункт – помещение с комплектом оборудования, расположенное в обособленном помещении здания, состоящее из элементов тепловых энергоустановок, обеспечивающих присоединение этих установок к тепловой сети, позволяющее обеспечивать учет и регулирование расхода тепловой энергии и теплоносителя, управлять режимами теплопотребления, изменять температурный и гидравлический режимы в сетях внутреннего теплоснабжения [1, 2].

Индивидуальные тепловые пункты играют ключевую роль в обеспечении эффективной системы отопления и горячего водоснабжения для домов и зданий. Они позволяют более точно регулировать тепло и распределять его по потребностям конкретного объекта, что

ведет к повышению энергоэффективности и снижению затрат на отопление. Кроме того, использование индивидуальных тепловых пунктов способствует сокращению потерь тепла в теплосетях и повышению надежности системы в целом. Таким образом, развитие и внедрение индивидуальных тепловых пунктов является необходимым шагом в современной строительной отрасли для обеспечения комфортных условий проживания и экономии ресурсов.

**1. Элеваторная схема подключения.** Существует обширный набор норм и стандартов, регулирующих процесс установки и проектирования индивидуальных тепловых пунктов, предусматривающий не только технические аспекты, но и экономическую эффективность и экологическую безопасность данного оборудования. Важно строго соблюдать данные регламенты, чтобы гарантировать эффективную работу системы отопления и обеспечить комфортное температурное поле в зданиях. Одно из правил запрещает устанавливать и проектировать индивидуальные тепловые пункты (ИТП) по элеваторной схеме подключения. При этом эксплуатация и обслуживание уже существующих элеваторных тепловых пунктов разрешены. Из-за этого большой процент старых многоквартирных домов продолжает обеспечивать своих жильцов теплом по такой схеме подключения [1, 2].

Изначально на тепловых пунктах устанавливались элеваторные узлы, разработанные в начале 20 века. Элеваторы подмешивают охлажденный теплоноситель из обратки в соотношении 1:3, и тем самым понижают температуру тепловой сети. У данного способа масса недостатков и единственный плюс – цена. Элеваторная схема индивидуального теплового пункта представляет собой способ подключения теплоснабжения, при котором теплоноситель циркулирует от верхних этажей здания к нижним, что создает условия для неравномерного теплоснабжения в различных частях здания. Такая схема может привести к дисбалансу в обеспечении теплом помещений, особенно на верхних этажах, что противоречит требованиям эффективной работы системы отопления и созданию комфортного климата в здании.

**2. Работа автоматизированных систем.** Отказ от элеваторных схем подключения ИТП в пользу автоматизированных имеет несколько преимуществ. Во-первых, автоматизированные системы (АТП) более надежны и обеспечивают более стабильную работу ИТП. Далее, они позволяют более эффективно контролировать процессы и управлять оборудованием, что ведет к улучшению производительности и снижению риска возникновения аварийных ситуаций. Кроме того, автоматизированные системы могут быть легче интегрированы с другими системами управления, что способствует повышению общей эффективности производственных процессов. Автоматизация теплового пункта позволяет уменьшить плату за отопление на 20–30 % и значительно повысить комфорт проживания за счёт равномерного прогрева всех квартир в жилом доме.

Чтобы понять за счёт чего достигается такая экономия и комфорт, необходимо разобраться, что к нам приходит из тепловой сети и какая функция возложена на тепловой пункт.

Из тепловой сети подается условно нагретый теплоноситель по погодозависимому графику, это означает что температура теплоносителя всегда зависит от температуры наружного воздуха. Температура воды в тепловой сети всегда выше той, которая необходима для системы отопления [3, 4].

На графике (рис.1) [2] видно, что у температуры тепловой сети есть минимальная температура подачи, ниже которой она не опускается даже в том случае, если температура наружного воздуха высокая и в систему отопления необходимо подавать воду с более низкой температурой. Это нижняя точка излома температурного графика. Обычно ее принимают на уровне 65–70 °С. Такая минимальная температура тепловой сети необходима для нагрева воды в ЦТП на нужды горячего водоснабжения.

По данному графику работают почти все тепловые сети. Предположим, что температура наружного воздуха составляет  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , необходимо обеспечить подачу тепловой воды с температурой, не превышающей  $41\text{ }^{\circ}\text{C}$ , вместо установленных  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  в существующей теплосети.

Регулирование температурного режима тепловой сети в соответствии с потребностями здания возлагается на тепловой пункт.

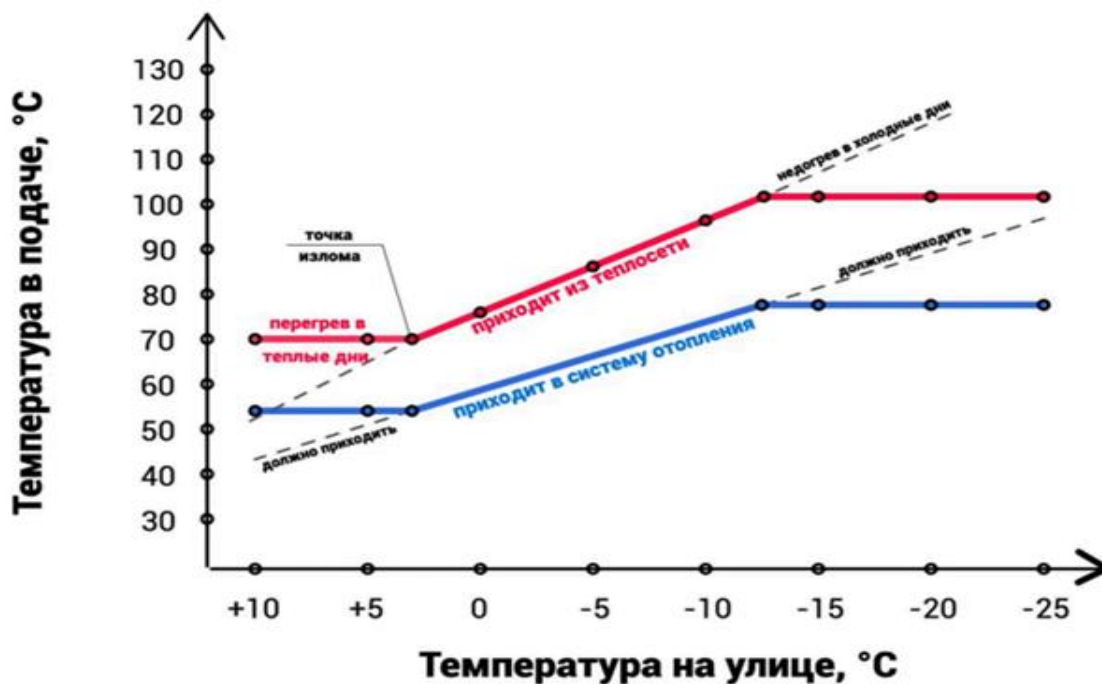


Рис.1. График зависимости температуры подачи теплоносителя от температуры наружного воздуха [2]

По данному графику работают почти все тепловые сети. Предположим, что температура наружного воздуха составляет  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в таком случае температура воды, подаваемая в отопление, должна быть не более  $41\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а не  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , как в теплосети. Задача адаптировать температурный режим тепловой сети под потребности здания возложены на тепловой пункт. На рисунке 2 представлена упрощённая схема автоматизированного теплового пункта.

Контроллер, основываясь на информации, полученной от уличного датчика, производит анализ текущей температуры наружного воздуха. Затем он рассчитывает оптимальное значение температуры воды, которая будет подаваться в систему отопления, и сравнивает его с фактической температурой подачи. В случае, если измеренная температура превышает рассчитанное значение, контроллер отправляет сигнал регулируемому клапану для его закрытия, чтобы привести температуру в соответствие с расчетом. Если же температура недостаточна, контроллер приоткрывает регулирующий клапан, чтобы обеспечить необходимую температуру на входе в систему отопления.

Благодаря работе системы регулирования и циркуляционного насоса достигается стабильная циркуляция воды по системе отопления независимо от объема теплоносителя, получаемого из тепловой сети. В теплые дни регулятор может полностью закрыть клапан подачи, прекратив тем самым отбор теплоносителя. Однако циркуляция воды по системе отопления не останавливается, так как насосы продолжают забирать охлажденную воду из

обратного трубопровода и подавать ее в систему отопления, эффективно используя неиспользованное тепло.

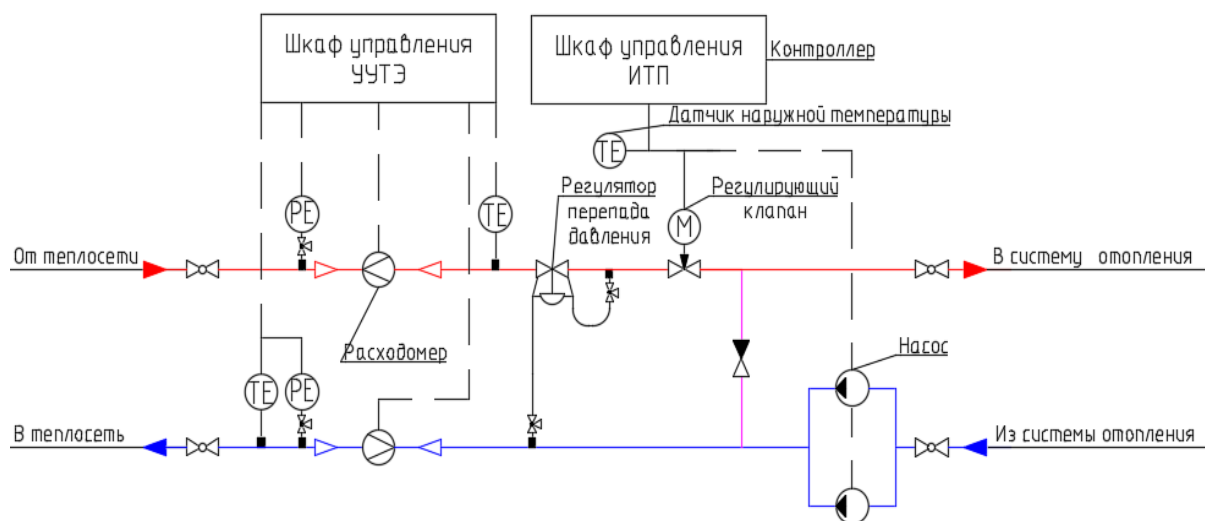


Рис. 2. Упрощённая схема автоматизированного теплового пункта

Система регулирования теплоснабжения в данном случае обладает большой функциональностью. Она способна адаптироваться к изменениям наружной среды, автоматически регулируя температуру теплоносителя в зависимости от отклонения от желаемого значения. Это позволяет исключить возможность перегрева или недостаточного нагрева в помещениях во время отопительного периода. Благодаря такой системе обеспечивается комфортная и постоянная температура внутри квартир, независимо от колебаний погоды за окном.

В рамках управления температурой в здании возможно установить оптимальный уровень, который будет соответствовать предпочтениям большинства жильцов, высказанным на собраниях. Это позволит жильцам самостоятельно выбирать желаемый уровень тепла в своих квартирах. Важно помнить, что каждый дополнительный градус тепла в квартире влечет за собой увеличение расходов на отопление примерно на 6 %.

Благодаря эффективной работе насосов, вода в системе отопления подается с оптимальной скоростью, что позволяет предотвратить остывание в первых участках пути и обеспечить достаточно горячую воду на более отдаленных радиаторах. Таким образом, достигается равномерное прогревание квартир на всех этажах здания, избегая проблем с неравномерным распределением тепла и концевыми стояками. Это важно для поддержания комфортной температуры в каждой квартире и предотвращения возможных проблем, связанных с перегревом или недогревом, повышенным шумом [2, 5, 6].

**3. Сравнительный анализ систем.** Сравним работу системы отопления двух одинаковых жилых домов, чтобы проанализировать эффективность их функционирования. Оба дома являются кирпичными и имеют по 5 подъездов и 10 этажей. Оба дома оборудованы счётчиками тепла и подключены к одной тепловой сети.

В таблице представлены параметры работы тепловой сети и системы отопления в доме с АТП и в доме с элеваторами, при текущей температуре наружного воздуха, равной 9 °С. Анализ разницы температур в системе отопления дома с автоматизированным тепловым пунктом и с элеватором показывает, что практически все отопительные приборы получают теплоноситель с одинаковой температурой, что способствует поддержанию комфортной температуры в помещении (22–23 °С).

## Сравнительная характеристика параметров работы систем

МКД с АТП	МКД с элеваторами
$T_{1тс} = 65,4 \text{ } ^\circ\text{C}$	$T_{1тс} = 65,4 \text{ } ^\circ\text{C}$
$T_{1сo} = 38,7 \text{ } ^\circ\text{C}$	$T_{1сo} = 53,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
$T_{2сo} = 33,8 \text{ } ^\circ\text{C}$	$T_{2сo} = 45,3 \text{ } ^\circ\text{C}$
$Q_{тс} = 3,4 \text{ т/ч}$	$Q_{тс} = 10,6 \text{ т/ч}$
$E = 0,107 \text{ Гкал/ч}$	$E = 0,213 \text{ Гкал/ч}$

Это свидетельствует о эффективной работе системы отопления [7, 8]. Кроме того, потребление тепловой энергии зданием составляет 0,107 Гкал/ч, что на 2 раза меньше, чем у домов с элеваторами. Это указывает на значительное снижение энергопотребления и повышение энергоэффективности здания благодаря использованию АТП.

Отопление двухкомнатной квартиры площадью 60 м<sup>2</sup> за 24 апрельских дня этого года стояло в доме с АТП – 855 руб., а в доме без АТП – 1211 руб. Разница составляет 30 %. Разумеется, что существенная экономия возможно только в теплые дни отопительного периода, но за счет исключения подобных перетопов средняя годовая экономия в жилом доме может достигать 30 % и более [9].

**Выводы.** При такой энергетической эффективности автоматизация теплового пункта является самым быстрокупаемым сберегающим мероприятием. В зависимости от схемы подключения и размера здания полностью окупаемость теплового пункта составляет от одного до трех отопительных сезонов.

Отказ от элеваторных тепловых пунктов и переход на автоматизированные тепловые пункты является важным шагом в повышении энергетической эффективности. Автоматизация теплового пункта позволяет исключить перетопы, обеспечить оптимальную работу системы отопления и значительно снизить затраты на отопление.

## Библиографический список

- СП 124.13330.2012 «СНиП 41-02-2003 Тепловые сети». М.: Минрегион России, 2012. 78 с.
- Сотникова О. А., Мелькумов В.Н. Теплоснабжение. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2009. 297 с.
- Применение теории игр при принятии решения в выборе оптимального варианта в энергетических системах / Е.А. Копыгина, Н.А. Петрикеева, Г.Н. Мартыненко, Д.М. Чудинов // Энергобезопасность и энергосбережение. 2020. № 4. С. 29–33.
- Стеганцова А.И., Черкашина К.С., Петрикеева Н.А. Реконструкция котельной с использованием энергоэффективного оборудования // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. № 1 (34). С. 36–39.
- Цуканова О.С., Петрикеева Н.А. Проблема борьбы с шумом. история и основные направления развития методов снижения уровня шума // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2009. № 1 (1). С. 67–74.
- Уровень снижения температуры теплоносителя в системе отопления многоэтажного жилого дома / Д.М. Чудинов, Т.В. Щукина, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2020. № 1 (18). С. 17–21.
- Реконструкция инженерного оборудования жилых зданий / О.А. Сотникова, Д.М. Чудинов, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газопитания. 2018. № 1. С. 216–223.
- Ермоленко Д.В., Мартыненко О.М., Петрикеева Н.А. Развитие гидравлического удара в трубопроводных системах // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 4 (33). С. 31–35.
- Теплогазоснабжение многоквартирного жилого дома. Учебно-методическое пособие / Д.М. Чудинов, Н.В. Колосова, Н.А. Петрикеева, С.А. Яременко, Г.Н. Мартыненко // Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2014. 68 с.

*Для цитирования:* Асташов Д.О., Старцев П.В., Петрикеева Н.А. От устаревшей элеваторной схемы индивидуальных тепловых пунктов к современным автоматизированным системам // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. №3 (36). С. 11–15.

УДК 658.264

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ  
ГОРОДА ВОРОНЕЖА**

П. В. Старцев, А. Н. Давыдов, Н. А. Петрикеева, Д. О. Бугаевский

*Воронежский государственный технический университет**П. В. Старцев, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(950)773-17-33, e-mail: vindeta201@mail.ru**А. Н. Давыдов, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(950)754-37-88, e-mail: san4ovus@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**Д. О. Бугаевский, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: dbugaevskii@gmail.com*

**Постановка задачи.** В данной работе рассматриваются основные проблемы теплоэнергетики города Воронежа. При этом можно выделить высокую изношенность тепловых сетей, оборудования котельных и центральных тепловых пунктов, и, как следствие, повышенную аварийность и низкую эффективность их работы.

**Результаты.** Решение этих проблем является крайне важной и актуальной в настоящее время задачей. Проанализированы возможные пути решения острых вопросов, перспективы модернизации систем теплоснабжения.

**Выводы.** Новыми вызовами для воронежской энергетики стали проблемы с обслуживанием газотурбинных установок зарубежного производства в условиях антироссийских санкций и работа теплоснабжающих организаций в условиях постоянной угрозы атак со стороны беспилотных летательных аппаратов или ракетных ударов. Исследования в данной области имеют большое значение для обеспечения устойчивого развития энергетического сектора.

**Ключевые слова:** теплоэнергетика, теплоснабжение, санкции, потери, износ, реконструкция, теплоизоляция, температурный график, узлы учета, безопасность.

**Введение.** Теплоэнергетика представляет собой отрасль энергетики, занимающуюся производством и поставкой тепла и горячей воды, необходимых для обеспечения теплового режима жилых и коммерческих объектов, а также для обеспечения промышленных процессов, удовлетворения потребностей в горячем водоснабжении и других социально-экономических нужд населения.

В городе Воронеже преобладает использование систем централизованного теплоснабжения, осуществляемого за счет тепловых электростанций и районных котельных. Доля централизованной выработки и отпуска тепла потребителям достигает до 88 % [1]. Транспортировка тепловой энергии в данных системах осуществляется посредством трубопроводов, соединяющих источник тепла с конечным потребителем через центральный тепловой пункт (ЦТП) в качестве промежуточного звена в тепловой сети или непосредственно от источника до конечного потребителя.

Системы теплоснабжения в городе относятся к закрытому типу и обладают функцией качественного регулирования. В период отопительного зимнего сезона регулирование передачи тепла конечному потребителю происходит путем изменения температуры воды в подающем трубопроводе.

Крупнейшей теплоснабжающей организацией Воронежа является филиал АО «Квадра» – «Воронежская генерация». Доля компании на рынке тепловой энергии превышает 90 % [1].

**1. Характеристика АО «Квадра» – «Воронежская генерация».** В состав филиала входят четыре производственных подразделения. Кратко рассмотрим основные характеристики этих подразделений:

1) ТЭЦ–1. Установленная электрическая мощность 378,341 МВт. Установленная тепловая мощность 1389,3 Гкал/ч. Величина выработки электрической энергии за 2023 год составила 1747,1 млн. кВт·ч, а за первый квартал 2024 года – 516,6 млн. кВт·ч. Величина отпуска тепловой энергии потребителю за 2023 год составила 2256,2 тыс. Гкал, а за первый квартал 2024 года – 905,1 тыс. Гкал [2].

2) ТЭЦ–2. Установленная электрическая мощность 127 МВт. Установленная тепловая мощность 785 Гкал/ч. Величина выработки электрической энергии за 2023 год составила 574,5 млн. кВт·ч, а за первый квартал 2024 года – 210,5 млн. кВт·ч. Величина отпуска тепловой энергии потребителю за 2023 год составила 1427,3 тыс. Гкал, а за первый квартал 2024 года – 658 тыс. Гкал [2].

3) Тепловые сети. В состав производственного подразделения входят две котельные, с суммарной установленной тепловой мощностью 310 Гкал/ч. Величина отпуска тепловой энергии потребителю за 2023 год составила 524,5 тыс. Гкал, а за первый квартал 2024 года – 267,7 тыс. Гкал [2].

4) Городские тепловые сети. По условиям концессионного соглашения от 1 марта 2019 года, в состав филиала вводится новое производственное подразделение. По состоянию на конец 2023 года, в состав производственного подразделения входит 121 котельная [1], суммарной установленной тепловой мощностью 1458,63 Гкал/ч. Величина отпуска тепловой энергии потребителю за 2023 год составила 1683,8 тыс. Гкал, а за первый квартал 2024 года – 801,1 тыс. Гкал [2].

Таким образом, суммарная установленная электрическая мощность филиала составляет 505,341 МВт, а тепловая – 3942,93 Гкал/ч. Выработка электроэнергии за 2023 год составила 2321,6 млн. кВт·ч, а отпуск тепловой энергии – 5891,8 тыс. Гкал [2]. На балансе предприятия находятся 231 ЦТП, из которых 80 ЦТП находятся под управлением филиала по условиям концессионного соглашения [1]. Кроме того, к теплоисточникам филиала подключено 1260 км трубопроводов в однотрубном исчислении [2].

Всё вышеперечисленное позволяет говорить о значительных производственных мощностях филиала и высокой степени разветвленности квартальных тепловых сетей.

Помимо филиала АО «Квадра», в Воронеже отпуск тепла потребителям осуществляют и другие организации, однако, беря во внимание незначительность вклада данных организаций в общий объем отпуска тепловой энергии, их деятельность не будет анализироваться в данной работе.

**2. Основные проблемы теплоснабжающих организаций.** Проблемы, связанные с эффективностью деятельности теплоснабжающих организаций, выявляются на трех ключевых этапах: производстве, передаче и учете тепловой энергии у конечных потребителей. Важность решения данных проблем обусловлена не только увеличением эффективности функционирования системы теплоснабжения, но и экономическими и экологическими последствиями [3, 4].

На этапе производства тепловой энергии среди проблем можно выделить проблему изношенности оборудования котельных, высокую степень аварийности и неэффективное использование ресурсов топливно-энергетического комплекса. В результате аварий на котельных, целые районы могут остаться без отопления и горячей воды, что особенно критично во время отопительного зимнего периода. В то же время, использование морально и физически устаревших систем корректировки соотношения воздуха и топлива повышают

удельный расход топлива, снижая экономичность котельной, повышая величину химического недожога топлива и уровень выбросов в атмосферу.

На этапе передачи тепловой энергии возникают проблемы потерь теплоносителя и высокая аварийность вследствие высочайшей степени изношенности тепловых сетей, что приводит к росту затрат на подпитку сетей и оказывает негативное влияние на эффективность передачи тепла потребителю [4, 5].

Так, из 1260 км трубопроводов в однострубно́м исчислении, находящихся на балансе филиала АО «Квадра» – «Воронежская генерация» около 814 км трубопроводов в однострубно́м исчислении, или 64,6 %, прослужило более 25 лет и подлежит замене. Мероприятия по перекладке тепловых сетей проводятся регулярно. Так, объем перекладок трубопроводов за 2019 год составил 32,99 км, за 2020 год – 37,473 км, за 2021 год – 28,082 км, за 2022 год – 15,868 км в однострубно́м исчислении [1]. Учитывая эти данные, можно сделать вывод, что в период с 2019 по 2022 года, заменялось в среднем около 28,6 км трубопроводов в однострубно́м исчислении. Такие объемы перекладки тепловых сетей не позволяют опередить темпы устаревания уже проложенных трубопроводов. При этом, около 84 % трубопроводов в материальной характеристике всех сетей филиала спроектирована до 1990 года. Вместе с тем, при высоких темпах градостроительства, возникает необходимость прокладки новых сетей, либо модернизации существующих, с увеличением диаметров трубопроводов для подключения большего числа потребителей.

Кроме того, оборудование ЦТП, как и тепловые сети, сильно изношено, что приводит к неэффективному режиму отпуска тепла и частым авариям. На многих существующих ЦТП используются морально и физически устаревшие кожухотрубные теплообменные аппараты. Вследствие закупорки тепловых трубок могут наблюдаться значительные потери давления. При этом некоторые секции водоподогревателей полностью выключаются из тепловой схемы ЦТП. Насосное оборудование, ввиду выработки своего срока службы, работает с низкими показателями эффективности и значительным количеством отказов, а также не подлежит диспетчеризации.

На этапе получения тепла конечным потребителем можно выделить проблему низкой надежности узлов учета тепловой энергии. В результате внезапного отключения электропитания существующие узлы учета могут терять архивируемые данные или даже выходить из строя. Это приводит к тому, что теплоснабжающая организация вынуждена проводить расчеты по договорным параметрам [6, 7].

Особенностью воронежских схем теплоснабжения является использование температурного графика 95/60 °С или 95/70 °С [1], где 95 °С – температура воды в прямом трубопроводе, от источника тепловой энергии к потребителю, а 70 °С – температура в обратном трубопроводе. Этот температурный режим не является оптимальным из-за высокого расхода теплоносителя для передачи необходимого тепла конечным потребителям. В то же время переход на более эффективные и экономичные температурные режимы с более высокими температурами и меньшим расходом теплоносителя часто требует глубокой модернизации оборудования и реконструкции теплосетей.

Использование рассмотренного температурного графика может привести к возникновению проблемы перетопов в периоды потепления, в начале и в конце отопительного сезона. Это связано с тем, что в эти периоды системы отопления не могут обеспечить количественное регулирование тепла из-за отсутствия необходимого оборудования, а наличие участков с высокой степенью износа трубопроводов не позволяет менять температуру воды в прямом трубопроводе из соображений безопасности. Также, ввиду ограничений, установленных СанПиН, невозможно снизить температуру сетевой воды ниже 60 °С [8]. Всё это может привести к повышению температуры воздуха в помещениях выше комфортного уровня. В такие периоды в теплоснабжающие организации поступает множество жалоб от потребителей.

Кроме того, отдельно можно выделить проблему несанкционированного отбора горячей воды из отопительных приборов системы отопления многоквартирных домов. Это приводит к дефициту теплоносителя и повышению расходов теплоснабжающих организаций, направленных на подпитку тепловых сетей, снижению качества горячего водоснабжения и ухудшению гидравлических режимов в тепловых сетях, что снижает надежность и эффективность систем теплоснабжения [9].

Среди наиболее актуальных проблем можно выделить проблему, связанную с обслуживанием импортных газотурбинных установок (ГТУ) в составе парогазовых установок (ПГУ) на ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2.

Обслуживание этого оборудования сопряжено с рядом трудностей:

- необходимость привлечения высококвалифицированного персонала, обученного работе с конкретными моделями ГТУ;
- сложности с получением запасных частей и расходных материалов из-за антироссийских санкций и ограничений поставок;
- высокая стоимость технического обслуживания и ремонта иностранных ГТУ.

Кроме того, Воронежская область, как приграничный регион, в последнее время сталкивается с серьезными угрозами безопасности, в том числе опасностью ракетных ударов и атак беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) по объектам энергетической инфраструктуры.

Таким образом, резюмируя, можно выделить следующие проблемы теплоэнергетики Воронежа:

- 1) высокая степень изношенности оборудования котельных и неэффективное использование ресурсов топливно-энергетического комплекса;
- 2) высокая степень изношенности тепловых сетей, и, как следствие, повышенная аварийность в отопительный период вместе с высокими показателями потерь тепла и теплоносителя;
- 3) изношенность оборудования ЦТП;
- 4) низкая надежность существующих узлов учета тепловой энергии;
- 5) неэффективный температурный график;
- 6) хищение воды из отопительных приборов;
- 7) необходимость обслуживания ГТУ иностранного производства в условиях антироссийских санкций и ограничений поставок;
- 8) угроза ракетных ударов и атак БПЛА по энергетической инфраструктуре;

**3. Предложения по снижению уровня проблемных ситуаций.** Обратим внимание на проблему неэффективного использования топливно-энергетических ресурсов на котельных. Данная проблема, как было описано выше, возникает вследствие химического недожога топлива из-за морально и физически устаревших устройств корректировки соотношения воздуха и топлива. Решением данной проблемы может стать применение корректор-анализатора качества горения топлива КАКГ-1, в корпусе которого размещены датчики содержания кислорода, температуры и давления дымовых газов, вычислительное устройство качества горения топлива и регулятор, корректирующий подачу воздуха и топлива, который входит в состав системы ФАКЕЛ-2. Принципиальная схема системы ФАКЕЛ-2 представлена на рисунке 1 [10].

Внедрение системы ФАКЕЛ-2 или подобных систем позволит сократить потребление топлива водогрейными котлами на 6–10 %, снизив на 30 – 40 % уровень выбросов оксидов азота в атмосферу. Использование данной системы вместе с частотно-регулируемыми приводами (ЧРП) позволит уменьшить на 20 – 55 % затраты электроэнергии на работу дымососов и вентиляторов [10, 11].

Проблему потерь теплоносителя и повышенной аварийности теплосетей можно решить только путем увеличения объемов перекладки изношенных участков трубопроводов. При

этом, для увеличения надежности и снижения потерь целесообразно применение трубопроводов с изоляцией из пенополиуретана (ППУ) с системой оперативного дистанционного контроля состояния трубопроводов (ОДК), которая состоит из комплекса оборудования, позволяющего своевременно и точно определять места нарушения целостности трубопровода или ППУ изоляции [12, 13].

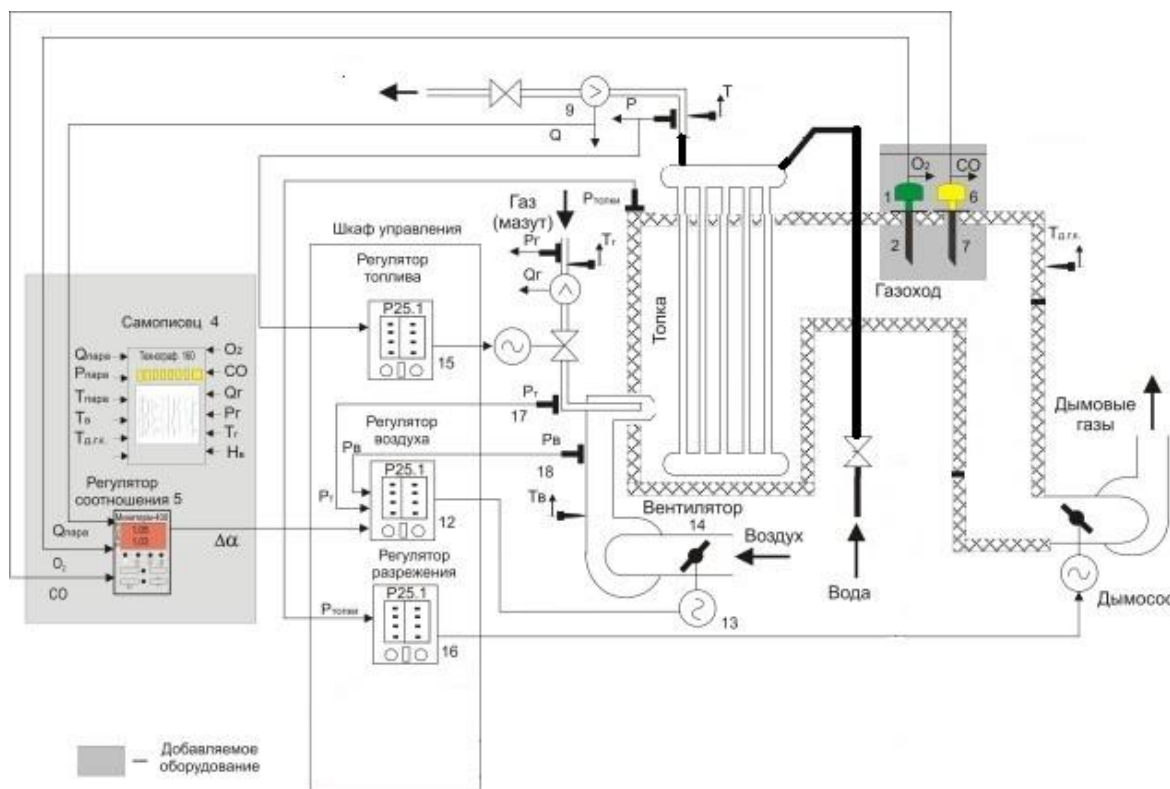


Рис. 1. Принципиальная схема системы ФАКЕЛ-2

Основой системы ОДК являются сигнальные проводники, расположенные внутри слоя ППУ изоляции. Работа системы ОДК возможна благодаря физическому свойству пенополиуретана значительно снижать электрическое сопротивление при намокании. При этом, в сухом состоянии, электрическое сопротивление ППУ изоляции стремится к бесконечности [13].

ППУ изоляция обладает рядом преимуществ, над распространенной, но устаревшей изоляцией на основе минеральной ваты. Так, теплопроводность ППУ значительно ниже, чем у минеральной ваты, которая, в свою очередь, в случае намокания увеличивает свои показатели теплопроводности до 20 раз по сравнению с сухим состоянием [14]. Кроме того, влага способствует разрушению теплоизоляционного слоя из минеральной ваты. В свою очередь, способность ППУ изоляции абсорбировать влагу незначительна.

Использование трубопроводов с теплоизоляцией из пенополиуретана открывает возможность для прокладки новых тепловых сетей бесканальным способом, ускоряя и снижая капитальные затраты на проведение монтажных работ. Недостатками трубопроводов с изоляцией на основе пенополиуретана являются высокая стоимость и невозможность использования при температурах теплоносителя выше 130 °С. Тем не менее, несмотря на высокую цену трубопроводов с ППУ изоляцией и системой ОДК, их внедрение может решить проблему существенных потерь теплоносителя, а также снизить затраты и ускорить ремонт при порывах теплотрасс, увеличивая срок службы и надежность всей системы теплоснабжения [15–17].

Замена морально и физически устаревших кожухотрубных теплообменных аппаратов на пластинчатые аппараты при включении водоподогревателей по двухступенчатой последовательной схеме позволит снизить потери давления в теплообменных аппаратах [18–20]. После проведенных мероприятий, потери давления не будут превышать 0,2–0,5 кгс/см<sup>2</sup>. Замена существующего насосного оборудования, а именно сетевых повысительных насосов, повысительных насосов холодного водоснабжения и насосов рециркуляции горячего водоснабжения на современное энергоэффективное насосное оборудование вместе с монтажом ЧРП на насосном оборудовании с переменным режимом работы, (повысительные насосы холодного водоснабжения), позволит увеличить энергоэффективность и экономичность работы ЦТП.

Отдельно стоит отметить проблему электрохимической коррозии. В процессе эксплуатации, тепловые сети неизбежно подвергаются воздействию электрических полей от наземного транспорта, электрических сетей и неправильно подключенного заземления оборудования у потребителей тепловой энергии [21, 22]. Это приводит к возникновению электрохимической коррозии, которая ускоряет износ труб и негативно влияет на работу электронных частей коммерческих узлов учета тепловой энергии.

Восстановление заземления трубопроводов в тепловых камерах и на ЦТП позволит снизить воздействие блуждающих токов, вызывающих электрохимическую коррозию, что ощутимо увеличит срок службы трубопроводов и снизит затраты на ремонт тепловых сетей.

Потеря электропитания коммерческим узлом учета тепловой энергии приводит к потере данных и создает риски выхода оборудования из строя.

Оптимальным способом решения данной проблемы является применение источников бесперебойного питания (ИБП), которые, в случае отключения электропитания, позволяют продолжить работу оборудования, обеспечив его питание от аккумуляторных батарей [23].

Используемый в схемах теплоснабжения температурный график 95/70 °С приводит к чрезмерному отпуску тепла в периоды потепления, так называемая проблема перетопов. Для решения данной проблемы необходима значительная модернизация системы теплоснабжения. Замена изношенных трубопроводов позволит повысить температуру воды в прямом трубопроводе, а установка новых и эффективных пластинчатых теплообменных аппаратов позволит не только качественно, путем повышения температуры при неизменном расходе теплоносителя, но и количественно, повышением расхода теплоносителя, регулировать величину отопительной нагрузки, не допуская чрезмерного отпуска тепла потребителю. Всё это позволит перейти на более эффективный и экономичный температурный график 120/70 °С.

Несанкционированное отведение горячей воды из отопительных приборов приводит к ухудшению гидравлического режима в системе теплоснабжения. Эту проблему можно решить с помощью модернизации узлов учета тепловой энергии и установке более точных расходомеров на центральных или индивидуальных тепловых пунктах. Кроме того, существует практика добавления в воду флуоресцеина натрия, который обладает ярко-зеленым цветом и помогает выявить утечки и неплотности трубопроводов. Вместе с тем, яркий зеленый цвет может отпугнуть потенциальных злоумышленников от попыток незаконного слива теплоносителя из отопительных приборов.

Трудности с обслуживанием ГТУ иностранного производства могут быть решены путем создания отечественных газотурбинных установок. На данный момент, сфера отечественных газовых турбин промышленной мощности в самом начале пути и представляет большой интерес и перспективы развития. Тем временем, уже действующие газовые турбины подвержены постепенному износу, так, прогар камеры сгорания, выход из строя гидромурфты, или любой другой детали, может привести к полной неработоспособности всей турбины [7].

В связи с этим, необходимо активно проводить научные исследования и технологические разработки для создания надежных отечественных аналогов газотурбинных установок, способных заменить импортные модели.

В текущий момент теплоснабжающие организации Воронежа вынуждены работать в условиях постоянной угрозы атак со стороны беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) или ракетных ударов. Для обеспечения безопасности трансформаторов, газораспределительных пунктов и газотурбинных установок на электростанциях целесообразно рассмотреть возможность строительства защитных бетонных сооружений вокруг незащищенных элементов инфраструктуры. Это позволит повысить устойчивость критически важных объектов к возможным ударам. Даже наличие мелкоячеистой защитной сетки может сыграть далеко не последнюю роль в защите объекта при грамотном ее размещении.

Кроме того, необходима установка современных средств радиоэлектронной борьбы, способных обнаруживать и подавлять БПЛА ещё до подлета к объектам энергетики. Интеграция таких систем в комплексную систему безопасности повысит защищенность теплоэнергетики Воронежа от угроз диверсионно-террористического характера.

**Выводы.** Таким образом, для обеспечения бесперебойного теплоснабжения города в условиях повышенных рисков требуется реализация комплекса мер, включающих усиление физической защиты ключевых объектов и внедрение современных средств радиоэлектронной борьбы.

Все рассмотренные мероприятия требуют значительных капиталовложений. Отсюда возникает закономерный вопрос об источниках финансирования. Рассмотрим вероятные источники финансирования на реализацию рассмотренных выше мероприятий:

- собственные средства компаний, направленные на развитие теплоснабжения, в том числе амортизационные отчисления и собственная прибыль теплоснабжающих компаний;
- плата за подключение новых потребителей;
- бюджетные средства муниципальных образований;
- инвестиционные вливания застройщиков;
- государственные кредиты и субсидии.

В представленном контексте предложенные источники финансирования могут сыграть ключевую роль в реализации проектов по модернизации и развитию системы теплоснабжения города Воронеж.

Таким образом, в отрасли теплоэнергетики города Воронеж наблюдаются серьезные проблемы, связанные главным образом с устаревшим как морально, так и физически оборудованием. Преодоление указанных проблем будет способствовать формированию эффективной и экономичной системы теплоснабжения, обеспечивающей высокий уровень качества предоставляемых услуг. Это, в свою очередь, будет способствовать улучшению жизни и комфортности жителей города, а также обеспечивать более высокую эффективность и экономичность системы теплоснабжения.

#### Библиографический список

1. Схема теплоснабжения городского округа город Воронеж на период до 2041 года (актуализация на 2024 год) [Электронный ресурс]. Москва, 2023. URL: [https://www.voronezh-city.ru/authorities/departments/departament\\_zhkkh/skhema\\_teplosnabzheniya](https://www.voronezh-city.ru/authorities/departments/departament_zhkkh/skhema_teplosnabzheniya) (дата обращения: 12.06.2024).
2. Филиал АО «Квадра» – «Воронежская генерация»: [Электронный ресурс]. URL: <https://voronezh.quadra.ru> (дата обращения: 13.06.2024).
3. Николаев А.А. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. М.: Стандартинформ, 1985. 361 с.
4. СП 124.13330.2012 «СНиП 41-02-2003 Тепловые сети». М.: Минрегион России, 2012. 78 с.
5. ГОСТ Р 54860-2011. Теплоснабжение зданий. Общие положения методики расчета энергопотребности и эффективности систем теплоснабжения. М.: Стандартинформ, 2012. 20 с.

6. 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.
7. Беленко И.В., Скляр К.А., Петрикеева Н.А. Надежность работы тепловых электрических станций // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 4 (29). С. 40–45.
8. СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» [Электронный ресурс]: Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 г. №3. URL: [https://www.rosпотребнадзор.ru/files/news/SP2.1.3684-21\\_territorii.pdf](https://www.rosпотребнадзор.ru/files/news/SP2.1.3684-21_territorii.pdf) (дата обращения: 20.06.2024).
9. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс]. URL: <https://fedstat.ru/indicators/search?searchText =Тепловые+сети – Потери тепловой энергии> (дата обращения: 19.03.2024).
10. Новиков О.Н., Окатьев А.Н., Шкаровский А.Л. Автоматическое управление качеством сжигания топлива – ключ к энергосбережению и энергоэкологической безопасности предприятия [Электронный ресурс] // Агава. URL: [https://www.kb-agava.ru/avtomaticheskoe\\_upravlenie\\_kachestvom\\_szhiganiya\\_topliva](https://www.kb-agava.ru/avtomaticheskoe_upravlenie_kachestvom_szhiganiya_topliva) (дата обращения: 24.06.2024).
11. Мониторинг надежности тепловых сетей / В.Н. Мелькумов, С.Н. Кузнецов, К.А. Скляр, А.А. Горских // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2010. № 1 (17). С. 52–58.
12. 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.
13. Кордюкова Л.С., Бакунова Т.С. Эффективность применения ППУ изоляции в системе теплоснабжения промышленного предприятия // Энергетики и металлургии настоящему и будущему России. 2016. С. 152–155.
14. Болотов С.В., Герасименко Н.В. Система оперативного дистанционного контроля состояния пенополиуретановой изоляции трубопроводов тепловых сетей с цифровыми датчиками влажности // Вестник Белорусско-Российского университета. 2016. С. 139–147.
15. Попов Н.О., Петрикеева Н.А., Копытин А.В. Определение оптимальной толщины теплоизоляционного слоя трубопроводов систем теплоснабжения // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2015. № 1 (18). С. 15–22.
16. Сравнительный расчет изоляционных материалов, применяемых в трубопроводных конструкциях / К.А. Григорьева, Е.Е. Ерилова, Н.А. Петрикеева, Д.М. Чудинов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2020. № 4 (21). С. 28–38.
17. Вариант решения задачи оптимизации толщины теплоизоляционного слоя в теплоснабжении Н.А. Петрикеева, Д.М. Чудинов, Е.А. Копытина, Л.П. Мышовская // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 2 (50). С. 21–28.
18. Петрикеева Н.А. Использование полной теплоты сгорания топлива в котельных установках // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2014. № 4-2 (17). С. 76–80.
19. Петрикеева Н.А., Цуканова О.С., Письменный Д.А. Использование теплоты конденсации продуктов сгорания теплогенерирующих установок систем теплоснабжения // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2009. № 1 (1). С. 107–113.
20. Турбин В.С., Петрикеева Н.А. Методика технико-экономического обоснования схем теплогенерирующих установок с напорными теплоутилизаторами // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 6. С. 120–122.
21. Гасанов З.С., Горлова А.В., Харин С.О. Защита от коррозии в системах теплоснабжения // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 4 (25). С. 16–25.
22. 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.
23. Кожухов Р.О., Петрикеева Н.А. Экологические аспекты при передаче высоковольтной электрической энергии // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2015. № 2 (19). С. 47–51.

*Для цитирования:* Проблемы и перспективы развития теплоэнергетики города Воронежа / П.В. Старцев, А.Н. Давыдов, Н.А. Петрикеева, Д.О. Бугаевский // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. №3(36). С.16–23.

УДК 621.3

## ПЕРСПЕКТИВЫ И ВЫЗОВЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ БУДУЩЕГО

А. Н. Давыдов, Д. О. Асташов, К. А. Скляр

*Воронежский государственный технический университет**А. Н. Давыдов, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(950)754-37-88, e-mail: san4ovus@gmail.com**Д. О. Асташов, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(905)682-19-80, e-mail: astashovdima2001@gmail.com**К. А. Скляр, канд. техн. наук, доц. кафедры техносферной и пожарной безопасности**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-30-00, e-mail: ksklyarov@cchgeu.ru*

**Постановка задачи.** Потребление энергии растет ежегодно и в промышленности, и в быту, причем речь идет и о тепловой и об электрической энергии. В последнее время достаточно много разговоров идет об искусственном интеллекте, внедряемом все обширнее в сферы нашей жизни. На его обслуживание и реализацию данных проектов будет затрачиваться все большее количество различной энергии.

**Результаты.** В работе рассмотрены наиболее вероятные пути развития теплоэнергетики в ближайшем будущем, оценены перспективные направления развития. Проанализированы возможные перспективы модернизации систем теплоснабжения и энергоснабжения.

**Выводы.** В ближайшее время прогнозируется децентрализация энергоснабжения, что будет способствовать развитию возобновляемых источников энергии, особенно в промышленной сфере. Внедрение искусственного интеллекта в системы тепло- и энергоснабжения приведет к повышению вырабатываемых и потребляемых мощностей.

**Ключевые слова:** теплоэнергетика, теплоснабжение, энергоснабжение, искусственный интеллект, стратегия, развитие, микротурбина, генерация.

**Введение.** Энергетика является одной из важнейших составляющих построения сильного и промышленно мощного государства с высокими показателями уровня жизни. Работа производств, на которых создаются различные товары, обеспечение населения теплом, электричеством, горячим водоснабжением – все эти блага экономически устойчивой страны не были бы возможными без энергетической составляющей.

Если погрузиться в историю, то можно увидеть довольно-таки очевидную зависимость. Энергетика масштабировалась и развивалась по двум причинам:

– совершались научные открытия, позволяющие упростить или удешевить процесс производства энергии. Изобретение паровой машины, электрогенератора, ядерного реактора, первый опыт передачи на переменном трехфазном токе, освоение линий электропередачи с разным напряжением, создание единой линии электропередачи – все эти вещи позволяли упростить производство, передачу и потребление энергии.

– изобретались инновационные приборы и устройства, ради создания которых требовалось много энергии. Любое массовое производство требует огромное количество энергии, поэтому спрос на нее рождает прогресс в данной области.

В данной работе мы рассмотрим наиболее вероятные пути развития энергетики в ближайшем будущем.

**1. Внедрение искусственного интеллекта (ИИ).** На данном этапе нашей жизни изобретена уже масса устройств, написано множество программ и работ, но прогресс не стоит на месте. Относительно нереализованной разработкой, которая вскоре изменит человеческий быт, стал искусственный интеллект (ИИ). Недавно авторитетный работник данной сферы дал прогноз развития искусственного интеллекта. Ниже приведены ключевые моменты его речи:

– AGI появится в 2027 году. AGI – это ключевой геополитический ресурс прямо сейчас. Забудьте про ядерное оружие – это прошлый век. Любая страна пойдет на всё, чтобы получить AGI первой, как в своё время атомную бомбу. Для создания AGI придётся собрать единый вычислительный кластер не менее чем за триллион долларов (AGI или Artificial General Intelligence – это следующий уровень развития искусственного интеллекта. Его способности будут сильнее, чем у привычного ИИ, и почти равны человеку).

– Это устройство будет потреблять электроэнергии больше, чем вырабатывает все США.

– Деньги на AGI придут из крупного технологического бизнеса – уже сегодня Nvidia, Microsoft, Amazon и Google закладывают расходы в 100 млрд. долларов за квартал только под ИИ.

– К 2030 году в ИИ ежегодно будут вкладывать по 8 трлн. долларов.

Утверждается, что расходы и глобальные изменения будут сопоставимы с теми, которые происходили во время Манхэттенского проекта и Промышленной революции.

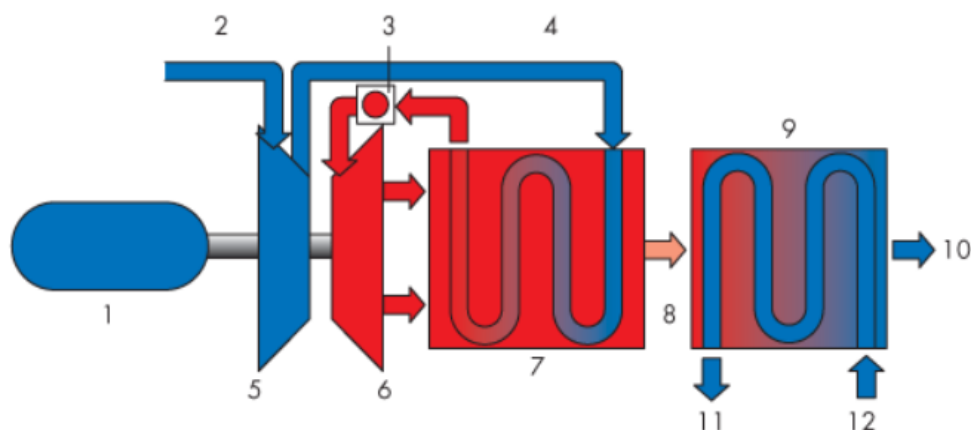
Анализируя эти тезисы, можно сделать следующий вывод: в ближайшее десятилетие будет потребиться в разы больше энергии для обслуживания искусственного интеллекта, который с течением времени станет незаменимой частью функционирования любого государства и неотъемлемым звеном в любом доме. Данное изменение как раз и станет новым катализатором для развития энергетической отрасли [1].

**2. Развитие микротурбин и парогазовых агрегатов.** Не во всех отдаленных районах имеется возможность обеспечить производственные предприятия, стратегически важные для государства объекты, жилые комплексы, коттеджные поселки и санатории дешевой электрической и тепловой энергией. Эта проблема становится актуальнее по мере развития градостроительства и наращивания производственных мощностей предприятий, поскольку установка новых линий электропередач и прокладка теплотрасс – крайне дорогостоящие мероприятия. Подключение новых потребителей в условиях серьезной изношенности тепловых сетей зачастую попросту неосуществима [2].

Кроме того, у жилых многоквартирных комплексов и производственных предприятий график суточного потребления электроэнергии в крайней степени неравномерен и напоминает синусоиду. Так разность потребления между часами максимальной и минимальной нагрузки может различаться до пяти раз. В связи с этим, от современных систем энергоснабжения требуется гибкость работы, которую не могут обеспечить в полной мере существующие популярные решения в виде газопоршневых и дизельных генераторов.

Общемировые тенденции роста цен на энергоносители вынуждают потребителей обращаться к современным энергоэффективным и экономичным технологиям автономной генерации на основе систем децентрализованного энергоснабжения. Качественно новый подход к организации энергоснабжения, в основе которого лежит комбинированное производство электроэнергии и тепла, в совокупности с применением инновационного оборудования микротурбинных электростанций (рис.1), позволяет повысить эффективность использования топлива в 2,5–3 раза [3, 4].

Промышленность РФ также имеет немалые перспективы роста энергоэффективности за счет применения альтернативных видов топлива – биогаза, выработанного из отходов животного и растительного происхождения или сельскохозяйственных культур.



**Рис. 1.** Газовая микротурбина с системой регенерации тепла: 1 – генератор переменного тока; 2 – входящий воздух; 3 – камера сгорания; 4 – воздух, поступающий на регенератор; 5 – компрессор; 6 – турбина; 7 – теплообменник-регенератор; 8 – отработанные газы; 9 – теплообменник отработанных газов; 10 – выход отработанных газов; 11 – выход горячей воды; 12 – поступающая вода

На этом фоне развитие собственных источников генерации, на основе микротурбинных электростанций, надежных, экономичных и экологичных, становится все более актуальным для промышленности.

Электростанции, на основе газовых микротурбинных установок (МТУ), позволяют решить вышеописанные проблемы, сочетая в себе отличные технические и эксплуатационные характеристики, созданные для генерации электрической энергии высокого качества из газообразного топлива при минимальных экологически вредных выбросах (рис.2) [5, 6].



**Рис. 2.** Турбогенератор переменного тока

Применение инновационных технологий, защищенных более чем 100 патентами, позволяет получать теплоэнергоснабжение по цене в 2–3 раза ниже сетевых тарифов, а также получать тепло, ГВС и кондиционирование по минимальной себестоимости.

**3. Модернизация тепловых электростанций (ТЭС) для уменьшения выбросов.** Одна из важнейших задач в современной энергетике – модернизация тепловых электростанций (ТЭС), обеспечивающая уменьшение всевозможных выбросов. Во всём мире

предпринимаются значительные меры для уменьшения вредоносного влияния ТЭС на окружающую среду. Некоторые из ключевых направлений и технологий, используемых для модернизации ТЭС, включают различные методы, к которым прибегают предприятия [7].

Первыми хотелось бы выделить установку современных горелок и автоматики, позволяющих сократить расход топлива и свести к минимуму атмосферные выбросы ТЭС. Эти системы создают оптимальные условия эксплуатации и уменьшают затраты на обслуживание.

Также наиболее популярным считается многопараметрический мониторинг, который представляет собой внедрение систем, позволяющих непрерывно контролировать важные параметры, среди которых выделяется температура, давление, проводимость, расход жидкостей. Предотвращение неполадок и экономия значительных сумм на внеплановых остановках, а также ремонте оборудования – характерные достоинства представленного метода.

Ещё одним подспорьем в электроэнергетике, увеличивающим эффективность мониторинга и контроля состояния оборудования, стало использование беспроводных технологий. Это позволяет наименее затратно организовывать производственный процесс с использованием градиентов, насосов и охладителей.

Также очень активно применяется многоступенчатое сжигание – технология, основанная на процессе горения с последующим возвращением выбросов, в том числе твёрдых частиц, на дожиг. Представленный метод очень актуален для уменьшения выбросов от угольных ТЭС. Использование всевозможных фильтров (электрофильтров, «мокрых» фильтров и химических технологий газоочистки) дало свое начало методу очистки дымовых газов, он очень эффективно позволяет улавливать пылевые выбросы и диоксид серы. За счет высоких дымовых труб также происходит качественное обеспечение рассеивания вредоносных выбросов [8, 9].

Онлайн-мониторинг выбросов – это установка систем онлайн-мониторинга выбросов, позволяющих отслеживать оксиды, диоксиды азота, диоксиды серы, угарный газ и твердые частицы в режиме реального времени. Это метод очень удобен для обеспечения прозрачности и предоставления возможности гражданам контролировать состояние окружающей среды. Также весьма удобной является комплексная модернизация, представляющая собой модернизацию угольных ТЭС и включающая в себя комплексные меры по очистке дымовых газов, внедрению систем мониторинга и контроля, использованию инноваций. В купе это позволяет сократить количество выбросов.

При изучении этой темы можно прийти к выводу, что модернизация ТЭС с целью сокращения выбросов является большим шагом в направлении экологически чистой энергетики и энергетики в целом [10].

**4. Развитие систем хранения и распределения энергии.** В связи с ростом популярности возобновляемых источников энергии, становится все более актуальным решение проблем, вызывающих сложности при их эксплуатации. Основная проблема возобновляемых источников энергии заключается в невозможности генерировать на протяжении определенного срока одно и то же количество энергии. А высокий уровень прогнозируемости в такой важной области как энергообеспечение играет ключевую роль. Непостоянный объем произведенной энергии будет доставлять дискомфорт потребителям и дестабилизировать уровень в единой электрической сети. А системы накопления и распределения энергии смогут решить данную проблему [10, 11].

Еще одной причиной развития систем хранения и распределения энергии в России является существование двух- и трехзонных тарифов. Данная опция позволяет заряжать системы хранения энергии ночью, по сниженному тарифу, а днем использовать добытое по более низкой цене электричество.

Также с течением времени будет расти уровень потребления энергии в сферах, где необходимо наличие бесперебойных источников энергии (области, в которых невозможность питать электроприборы может привести к очень серьезным последствиям). К ним относятся:

- медицина;
- финансы;
- центры обработки данных;
- перевозки (электротранспорт);
- телекоммуникации.

Все перечисленные выше причины будут создавать и поддерживать спрос на системы хранения и накопления энергии, становясь движущей силой для развития данной области.

**5. Увеличение роли газа в энергетике.** Важным направлением в развитии стало увеличение роли доли газа в мировой энергетике. В последнее время газ имеет все большее значение в мировом энергетическом балансе. Постоянно растущая доля газа в электроэнергетике побудила Европейский союз к планированию увеличенного применения природного газа и, соответственно, уменьшению использования угля в энергетике. Это оправдано тем фактором, что газ сам по себе является более экологически чистым топливом в сравнении с углем. Тем не менее весьма ожидаемо, что рост роли газа в мировом энергобалансе продолжит расти, в ближайшей перспективе доля нефти в энергетическом балансе уменьшится, а роль природного газа будет планомерно возрастать.

В России газовая промышленность играет весомую роль в развитии энергетики. Перспективы спада доли нефти и активное и повсеместное использование природного газа занимают далеко не самое последнее место в энергетической промышленности нашего государства. В любом случае у газа присутствуют неоспоримые экологические преимущества. Его чистота и эффективность делает его наиболее привлекательным вариантом для стран, планирующих уменьшение выбросов парниковых газов. С точки зрения инфраструктуры и её развития в рамках газовой промышленности выделяют строго упорядоченные сети передачи распределения природного газа, вместе с этим и электроэнергии, эти два неотъемлемых фактора – основа любой энергетической системы. Именно благодаря тысячам километров воздушных линий, подземных кабелей и сетей электричество и газ поставляются для коммерческого и бытового использования по всему миру. В целом, увеличение роли газа в энергетике определённо связано с его доступностью, экономической эффективностью и, несомненно, экологической чистотой. Это направление – важная часть планомерного развития энергетики и что наиболее важно уменьшения воздействия на окружающую среду [2, 5, 11].

**6. Развитие энергетики в регионах.** Тенденция развития энергетики в регионах чаще всего складывается весьма разнообразными способами, но стоит отметить, что достигаемый итог один и тот же. В последнее время можно увидеть весьма активный рост производства возобновляемой энергии, зачастую ветровой и солнечной. Именно увеличивающийся спрос на экологически чистые источники энергии и снижение зависимости от ископаемого топлива дал возможность для использования этих источников получения энергии. В ресурсодобывающих регионах России в качестве основной тенденции можно заметить повсеместную модернизацию электроэнергетики, включающих в себя построение новых объектов электросетевого комплекса, реконструкцию электрических сетей или внедрение инноваций. Основной задачей также является развитие распределительного электросетевого комплекса, в особенности этому подвержен Дальний Восток, так как там нужно это наиболее активно развивать. Как пример, включать малую генерацию и обязательно подключать её к энергосистеме. Всё это наиболее важно для комфортного обеспечения населения и экономически значительных потребителей [2, 5, 11].

Актуальность увеличения роли газа в энергетике неизменна. В России газовая промышленность имеет несомненное значение в развитии энергетике. В ближайшей перспективе доля нефти в энергетическом балансе снизится, а роль природного газа и угля будет возрастать, как это было сказано ранее. А вот энергетический переход, происходящий в мире, и его влияние на регионы значителен. Он требует системного анализа сложившихся энергетических проблем и нарастающих тенденций для всей энергосистемы регионов. Как итог, охарактеризовать тенденции развития энергетике в регионах можно модернизацией электроэнергетики, увеличением роли возобновляемых источников энергии, планомерным развитием распределительного электросетевого комплекса, возрастанием значения газа в энергетике и существенным влиянием энергетического перехода на регионы.

**Выводы.** Подводя итоги сказанному, можно сделать вывод, что в ближайшее десятилетие нас ждет заметное повышение производимых мощностей с децентрализацией энергоснабжения. Развитие энергетике в регионах также станет подспорьем для вышеописанного курса. Активное развитие промышленности в последние годы будет служить катализатором для распространения возобновляемых источников энергии, которые будут использоваться для запитывания систем накопления энергии в целях использования последних в качестве бесперебойных источников энергии.

Бурное развитие искусственного интеллекта также станет толчком для повышения вырабатываемых мощностей. Российская Федерация видит в данной разработке будущее, что подтверждает Национальная стратегия развития ИИ на период до 2030 года, утвержденная Указом Президента РФ от 10.10.2019 № 490.

#### Библиографический список

1. Оценка надежности газоснабжения отдельных потребителей с использованием цифрового моделирования / Мартыненко Г.Н., Петрикеева Н.А., Горских С.А., Горских А.А. // Альтернативная и интеллектуальная энергетика: материалы II Международной научно-практической конференции. 2020. С. 159–160.
2. Данилевич Я.Б., Коваленко А.Н., Кручинина И.Ю. Роль децентрализованной энергетике в общей энергосистеме // Академия энергетике. 2008. №1. С. 42–45.
3. Гладышева Т.Ю., Петрикеева Н.А., Заид Т.М. Децентрализация как способ реконструкции инженерных систем зданий и сооружений // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2017. № 1 (6). С. 14–18.
4. Кривобок А.Д. Микротурбинные установки // Газотурбинные технологии. 2006. № 7–8. С.10–15.
5. Филиппов С.П. Малая энергетике в России // Теплоэнергетике. 2009. № 8. С. 38–44.
6. Акшель В.А. Энергоцентры на базе микротурбинных установок // Энергосбережение. 2006. № 5. С. 73–76.
7. Соколов С.В. Опыт применения микротурбинных установок // Газотурбинные технологии. 2006. № 12. С. 6–10.
8. Волкова Ю.В., Петрикеева Н.А. Технологические схемы очистки дымовых газов от оксидов серы // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. № 2 (7). С. 10–13.
9. Петрикеева Н.А., Березкина Л.В., Колосов А.И. Зависимость концентрации оксидов азота от величины теплотерь с уходящими дымовыми газами теплогенерирующих установок // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2010. № 2 (18). С. 121–125.
10. Оптимизация работы энергосистем. Определение вероятного ущерба от перерывов энергоснабжения / Куликова Е.А., Попова Н.М., Коротких Н.В., Петрикеева Н.А. // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2018. № 4 (13). С. 29–36.
11. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии в гелиоустановках / Щукина Т.В., Чудинов Д.М., Петрикеева Н.А., Попова Н.М. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2017. № 1. С. 118–121.

*Для цитирования:* Давыдов А.Н., Асташов Д.О., Складов К.А. Перспективы и вызовы теплоэнергетических систем будущего // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. №3 (36). С.24–29.

---

## СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ

---

УДК 542.74:66.074

### СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ПРОМЫСЛОВОЙ ПОДГОТОВКЕ

Т. С. Фирсов, Л. П. Мышовская, А. Д. Петрикеев

*Воронежский государственный технический университет**Т. С. Фирсов, аспирант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +79220518417, e-mail: firsov.t@mail.ru**Л. П. Мышовская, канд. техн. наук, доц. кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)207-22-20, e-mail: mlp@cchgeu.ru**А. Д. Петрикеев, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(908)137-23-33, e-mail: petrikeeff@gmail.com*

---

**Постановка задачи.** В настоящее время в нефтегазовой промышленности в основном используют два метода осушки природного газа при его добыче и промышленной подготовке для дальнейшего транспорта по магистральным газопроводам. Этими методами являются абсорбционная осушка и низкотемпературная сепарация газа, которые неплохо себя зарекомендовали.

**Результаты.** В работе произведен сравнительный анализ двух основных методов работ по осушке природного газа на промышленной подготовке, рассмотрены преимущества и недостатки методов.

**Выводы.** Результатом выбора при сравнении абсорбционной осушки и низкотемпературной сепарации будет являться выбор экономически обоснованной технологии для подготовки природного газа, зависящий прежде всего от количества конденсата и вида фазы, в которой влага находится в данном месторождении.

**Ключевые слова:** низкотемпературная сепарация, абсорбция, природный газ, осушка, добыча, подготовка газа.

**Введение.** На газовых и газоконденсатных месторождениях большую роль в добыче и подготовке полезных ископаемых играет газовый промысел.

Газовый промысел – это технологический комплекс, который предназначен для сбора газ, газового конденсата с кустов газовых скважин, а также для очистки от мехпримесей и осушки газа от влаги и газоконденсата. Происходит подготовка к дальнейшей транспортировке по магистральным газопроводам.

На газовом промысле есть как основные, так и вспомогательные сооружения. К основным относятся скважины, газосборные пункты, оборудование для подготовки природного газа и компрессорное оборудование. К вспомогательным относятся транспортная сеть, хозяйственные сооружения, канализационные сооружения и пр. Количество требуемого оборудования и его мощности зависит от геологоразведочных работ при освоении месторождения. Для транспортировки газа потребителям через магистральный газопровод подготовленный газ уже должен соответствовать заданным критериям и нормам.

Природный газ, добываемый из скважин, содержит в себе влагу в жидкой и паровой фазе. Жидкая фаза извлекается из газа за счет сепараторов различной конструкции.

---

Паровая фаза извлекается за счет установок осушки газа. На сегодняшний момент в газовой промышленности России известно множество видов осушки природного газа. Для подготовки газа и для дальнейшего транспорта, в основном, применяют два метода осушки – это абсорбционная осушка и низкотемпературная сепарация газа. Рассмотрим и проанализируем эти два популярных способа [1].

**1. Абсорбция газа.** Этот способ является наиболее распространенным в России, заключается в том, что за счет жидкого абсорбента (гликоля) извлекается влага из газа. Основными жидкими абсорбентами, использованными в осушке газа, являются диэтиленгликоль (ДЭГ) и триэтиленгликоль (ТЭГ). При осушке газа впрыском как ингибитор гидратообразования используется этиленгликоль (ЭГ).

Химические свойства данных абсорбентов приведены в сравнительной таблице [1].

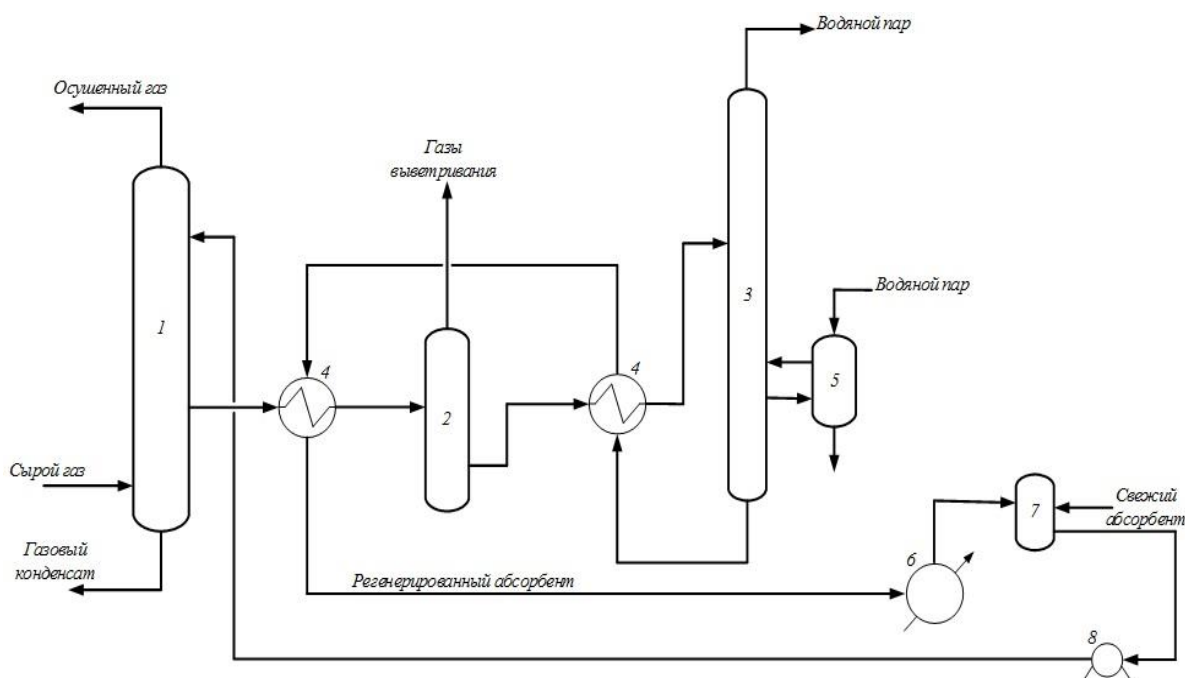
Таблица

Сравнительная характеристика свойств некоторых абсорбентов

Показатели	ЭГ (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> )	ДЭГ (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub> )	ТЭГ (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub> )	
Относительная молекулярная масса	62,07	106,12	150,17	
Плотность, г/см <sup>3</sup> , при температуре:				
	20 °С	1,11	1,118	—
	15 °С	1,117	1,119	1,1274
Температура кипения (в °С) при давлении:				
	760 мм рт. ст.	197	245	285
	50 мм рт. ст.	123	164	198
	10 мм рт. ст.	91	128	162
Температура, °С:				
	начала разложения	164	164,5	206
	замерзания	- 12,6	- 8	- 7,6
Вспышки (в открытом тигле)	115	- 143,3	165,5	
Воспламенения на воздухе	—	350,3	173,9	
Скрытая теплота парообразования при давлении 760 мм рт. ст., кал/г	190,9	150	99,4	
Коэффициент объемного расширения при температуре 0–50 °С	0,00062	0,00064	0,00069	
Коэффициент рефракции при 20 °С	1,4318	1,4472	1,4559	
Поверхностное натяжение (в дин/см) при температуре, °С:				
	25	46,49	48,5	—
	20	—	—	45,2
	кипения	—	26,28	22,45
Вязкость при температуре:				
	20 °С	20,9	35,7	47,8
	15 °С	26,09	—	—

Диэтиленгликоль и триэтиленгликоль представляют из себя бесцветную вязкую жидкость без запаха, обладает высокой температурой кипения. ТЭГ менее токсичен, чем ДЭГ, но оба абсорбента являются ядовитыми для человека.

Технологическая схема абсорбционной осушки заключается в том, что природный газ, который предварительно отбил жидкость в сепараторе, поступает в абсорбер, в нижнюю его часть и движется снизу вверх. Абсорбент (ДЭГ или ТЭГ) подается сверху вниз, осушая газ проходящий через него. Тем самым происходит осушка газа. Далее газ следует в верхнюю часть абсорбера, где от него отделяются капли унесенного абсорбента. Затем осушенный газ поступает в газопровод. С нижней части абсорбера, гликоль насыщенный влагой, следует на установку, проходя выветриватель, где подвергается регенерации в отпарной колонне (десорбер) (рис.1) [1, 2].



**Рис. 1.** Принципиальная технологическая схема абсорбционной осушки газа: 1 – абсорбер; 2 – выветриватель; 3 – отпарная колонна (десорбер); 4 – теплообменник; 5 – кипятильник; 6 – холодильник; 7 – промежуточная емкость; 8 – насос

Получение температуры точки росы (ТТР) достигается до минус 25°C.

Количество свежего абсорбента (кг/ч), который требуется для осушки газа до заданной ТТР можно определить по формуле

$$G = \frac{W_{x_2}}{X_1 - X_2}.$$

где  $W_{x_2}$  – количество лаги извлекаемой из газа, кг/ч;  $X_1$  – массовая доля гликоля соответственно в свежем растворе;  $X_2$  – массовая доля гликоля в насыщенном растворе.

Преимущества и недостатки абсорбционной осушки:

- Преимущества заключаются в том, что это не высокие капитальные затраты, низкий перепад давления при эксплуатации, регенерация абсорбентов, возможность производить осушку газа различного химического состава.

- К недостаткам можно отнести потери абсорбента, относительная сложность регенерации, средний уровень осушки из-за количества влаги в газе.

От влаги необходимо избавляться, снижая коррозионную активность среды [4–6].

**2. Низкотемпературная сепарация.** Данный процесс все чаще начинает использоваться в России в нефтегазовой промышленности в настоящее время.

Осушка и извлечение газового конденсата из газа происходит за счет работы дросселя (эффект Джоуля–Томсона) или работы турбодетандерного агрегата путем охлаждения газа для требуемых значений, от минус 10 °С до минус 30 °С. Данный принцип позволяет отделить конденсат от газа и получить более чистый и ценный продукт. Кроме того, охлаждение газа снижает его давление, что облегчает процесс сепарации. Данный метод состоит в том, чтобы при резком снижении давления природный газ изменял свою температуру [2, 3].

Для борьбы с гидратообразованиями перед теплообменным аппаратом и дросселем подается метанол или гликоль.

Дроссельный эффект достигается путем установки на трубопровод диафрагмы или клапана-регулятора. За счет них получается перепад давления и газ соответственно охлаждается.

Турбодетандерный агрегат представляет собой машину лопастного типа непрерывного действия, используемого для охлаждения газа за счет его расширения с совершением внешней работы. Имеет компрессорную часть, где поднимается давление газа до определенного значения.

Пройдя первичную сепарацию, газ поступает на установку низкотемпературной сепарации, где поступает в рекуперативный теплообменник (ТО) «газ–газ» в трубное пространство, там происходит его охлаждение за счет обмена холодом осушенного газа, который проходит за трубным пространством. Рекуперативный теплообменник «газ–газ» предназначен для рекуперации холода от газа, прошедшего низкотемпературную сепарацию.

Пройдя первый сепаратор (С-1), газ поступает на детандерную часть, где при падении давления происходит его охлаждение, далее газ направляется в низкотемпературный сепаратор (С-2), в нем снижается температура и мгновенно начинает выделяться влага и газовый конденсат. Также предусмотрена байпасная линия с установленным на ней регулирующим клапаном, который используется в качестве дросселя, по которой газ, может сразу поступать в низкотемпературный сепаратор (С-2), минуя детандерную часть.

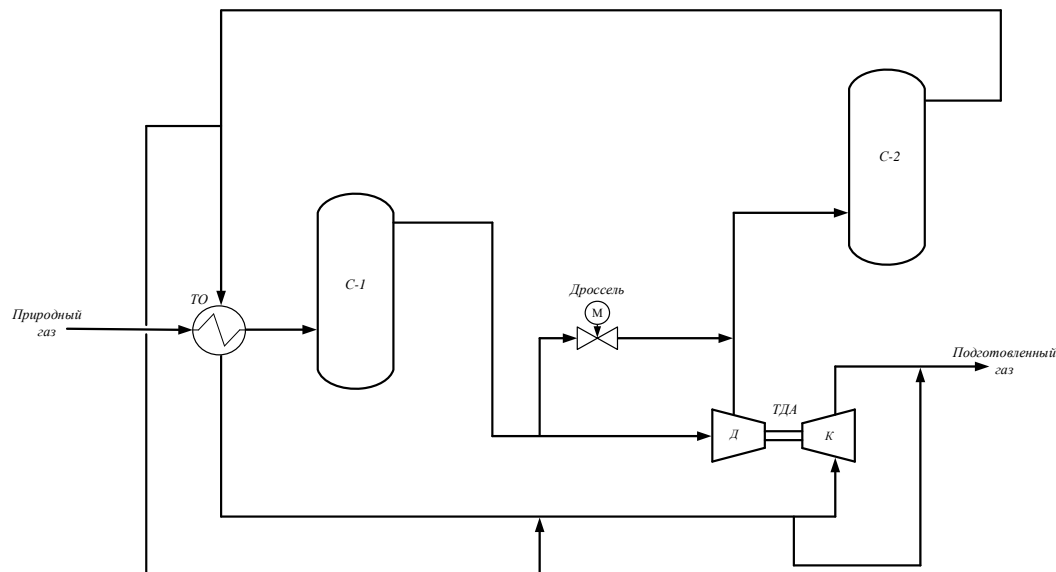
Пройдя сепаратор (С-2) осушенный газ, поступает в рекуперативный теплообменник (ТО), за трубное пространство, где отдает часть холода прямому потоку газа. После теплообменника (ТО) осушенный газ поступает в компрессорную часть турбодетандера, в котором производится его компримирование. Здесь предусмотрена байпасная линия, по которой часть газа после сепаратора (С-2) проходит мимо теплообменника (ТО), смешивается с газом, прошедшим через теплообменник (ТО) и далее поступает в компрессорную часть турбодетандера или минуя его, при работе через дроссель. Далее осушенный газ направляется дальше на узел учета товарного газа (рис.2) [1, 7].

Эффективность низкотемпературной сепарации зависит от применяемого источника холода. Со временем начинается падение пластового давления, дроссельный эффект теряет свою эффективность, для этого используют турбодетандер.

Достоинства и недостатки низкотемпературной сепарации:

- Достоинства: низкие капитальные затраты, легкость в эксплуатации и техническом обслуживании, способность извлекать жидкие углеводороды с одновременной осушкой природного газа, простота регулирования технологических процессов и автоматизации.
- Недостатки: гидратообразования, при падении пластового давления необходимо использования турбодетандер вместо дросселя, низкая степень извлечения газового конденсата.

Установки могут иметь модификации с изменением фазового состояния среды [2, 8].



**Рис. 2.** Принципиальная технологическая схема НТС: ТО – теплообменный аппарат «газ-газ»; С-1, С-2 – сепараторы; ТДА – турбодетандерный агрегат; Д – детандерная часть; К – компрессорная часть

**Выводы.** Каждый из методов имеет свои достоинства, так и недостатки. Более выгодным в использовании для подготовки газа будет низкотемпературная сепарация, обусловленная прежде всего более низкими капитальными затратами, доступностью использования технологических установок. По сравнению с абсорбционной осушкой, для реализации которой сам рабочий больше, возникают дополнительные траты на диэтиленгликоль или триэтиленгликоль, при котором имеет место и небольшой унос их с газом. В любом случае основным критерием выбора будет являться необходимая температура точки росы в процессе. Обоснованность выбора подтверждается технико-экономическим расчетом.

#### Библиографический список

1. Кисленко Н.Н., Мурин В.И., Сурков Ю.В. Технология переработки природного газа и конденсата. Справочник. М.: «Недра-Бизнесцентр», 2002. 144 с.
2. Бекиров Т.М. Первичная переработка природных газов. М.: «Химия», 1987. 162 с.
3. Афанасьева А.И., Бекиров Т.М., Блинов В.В. Переработка природного газа и конденсата. М.: «Недра», 2002. 184 с.
4. Хорошилова Е.Л., Петрикеева Н.А., Попова Н.М. Повышение противокоррозионных свойств защиты газонефтепроводов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2018. № 2 (11). С. 42–49.
5. Бохан А.Р., Калинина А.И., Петрикеева Н.А. Коррозионные процессы нефтегазопроводов // Нефтяная столица: материалы пятого международного молодежного научно-практического форума. Сургут, 2022. С. 44–46.
6. Повышение противокоррозионных свойств нефтехимического и газового оборудования / Усачёв Е.Г., Добычин А.В., Островская М.М., Петрикеева Н.А. // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2019. № 1 (14). С. 22–28.
7. Артемюк А.А., Колосов А.И., Петрикеева Н.А. Использование теплоизоляционных покрытий при хранении запасов сжиженного природного газа // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 4 (25). С. 38–47.
8. Петрикеева Н.А., Лавлинская Е.А., Зыкова М.Ю. Аккумуляторы теплоты на фазовом переходе // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. 2015. № 8. С. 226–233.

*Для цитирования:* Фирсов Т.С., Мышовская Л.П., Петрикеев А.Д. Сравнение методов осушки природного газа на промысловой подготовке // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. №3 (36). С.30–34.

---

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

---

УДК 623.777

### БЫСТРОВОЗВОДИМЫЕ ОПОРЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

И. В. Беленко, А. И. Калинина, А. И. Коровкина

*Воронежский государственный технический университет**И. В. Беленко, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)555-11-36, e-mail: inna.belenko340@gmail.com**А. И. Калинина, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: aikalinina@cchgeu.ru**А. И. Коровкина, канд. экон. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)207-22-20, e-mail: alinko199@mail.ru*

---

**Постановка задачи.** Быстровозводимые опоры для линий электропередачи являются важным элементом оперативного восстановления энергосетей. В статье рассматриваются конструкция и принцип работы таких опор. Опираясь на литературные источники, описываются основные конструктивные элементы быстровозводимых опор (сооружения), такие как стойки, ростверк, траверсы, основания. Рассматриваются как отечественные, так и зарубежные подходы к их созданию.

**Результаты.** Описывается технология установки быстровозводимых опор бригадой из 3–6 человек без тяжелой техники. Это позволяет значительно сократить время восстановления линий электропередачи до 4–6 часов.

**Выводы.** Применение быстровозводимых опор позволяет оперативно ликвидировать аварии на ЛЭП, обеспечивая надежность энергоснабжения. Они могут стать важным элементом аварийного резерва на предприятиях энергетики.

**Ключевые слова:** опора, ведущий подкос, тяжелая техника, аварийный резерв, установка, время восстановления, надежность энергоснабжения.

**Введение.** С каждым годом увеличивается количество электроустановок, сетей электропередачи и потребителей электроэнергии. При этом растут требования к надежности и бесперебойности электроснабжения. В связи с этим актуальной задачей энергетики является оперативное восстановление работоспособности линий электропередачи в случае их повреждения [1, 2].

Традиционные способы восстановления, основанные на применении стационарных опор, требуют значительного времени и ресурсов. Это обусловлено необходимостью строительства фундаментов, прокладки лежневых дорог, выезда тяжелой техники на место работ. Такие работы не всегда возможны в сложных климатических и грунтовых условиях, а также в удаленных и малодоступных районах. В таких условиях альтернативой могут стать быстровозводимые опоры (БВО). Они позволяют сократить время восстановления, обеспечить минимальные трудозатраты и отсутствие необходимости в применении тяжелой техники [3, 4].

Рассмотрим конструктивные особенности и технологию монтажа БВО.

---

**1. Конструкция быстровозводимых опор.** БВО представляют собой легкие сборно-разборные конструкции, позволяющие быстро собирать опору на месте без применения тяжелой техники. Они должны обеспечивать необходимые напряжения и габариты для подвески проводов линий передачи. Рассмотрим основные конструктивные элементы БВО.

**Стойки.** Представляют собой сборные секционные конструкции высотой до 22 метров, выполненные из стальных или композитных профилей.

**Ростверк.** Служит для устойчивости опоры и распределения нагрузок. Может иметь Х-образную, V-образную или двухстоечную конфигурацию.

**Траверсы.** Предназначены для подвески проводов. Могут быть полимерными, композитными или металлическими.

**Основания.** Выполняются в виде металлических плит или деревянных щитов.

**Оттяжки.** Обеспечивают напряжение ствола опоры и фиксацию его положения [5, 6].

В России нашли применение два подхода к созданию быстровозводимых временных опор: канадский и отечественный.

Канадская система фирмы RS Technologies Inc. позволяет собирать опору из небольших модулей непосредственно на месте ремонтных работ при помощи тягача. Этот вариант мало зависит от погодных условий и не ограничен по массе конструкции, однако предполагает наличие спецтехники для монтажа (рис.1, а) [6, 7]. Разработка российской компании «Феникс-88» (рис.1, б), позволяет доставлять полностью собранную конструкцию вертолетом [8, 9].



**Рис. 1.** Опоры различных компаний: а – RS Technologies; б – «Феникс-88» [5]

Достоинством является возможность установки в любом месте, недостатком – сильная зависимость от погоды и жесткие ограничения по массе из-за метода транспортировки, что и ограничивает класс напряжения линии [8, 9].

Рассматриваемые подходы имеют как преимущества (независимость от погоды для канадского, возможность установки в любом месте для российского), так и недостатки (необходимость спецтехники и ограничения по массе соответственно) [1].

Ключевой особенностью БВО является модульность. Это позволяет транспортировать опору в собранном или разобранном состоянии, а также с легкостью заменять отдельные элементы. Масса крупных узлов таких опор не превышает 500 кг, а общая – 2,5-3 т.

**2. Технология монтажа быстровозводимых опор.** Монтаж БВО осуществляется малыми бригадами в 3–6 человек без использования специальной техники.

Вносятся изменения минимум в один из существующих элементов опоры – подкос. Его целесообразно сделать ведущим, позволяющим перемещаться вдоль всей наружной

поверхности устройству – кулисе. При этом кулиса будет перемещаться под действием тяги лебедки, которая может быть закреплена непосредственно на ведущем подкосе или на опорной стойке. Кроме того, основание ведущего подкоса целесообразно разместить на определенном удалении от линии, соединяющей основания стоек. Такая модификация конструкции позволит обеспечить перемещение кулисы вдоль подкоса под действием лебедки для осуществления предлагаемого метода (рис. 2) [5].

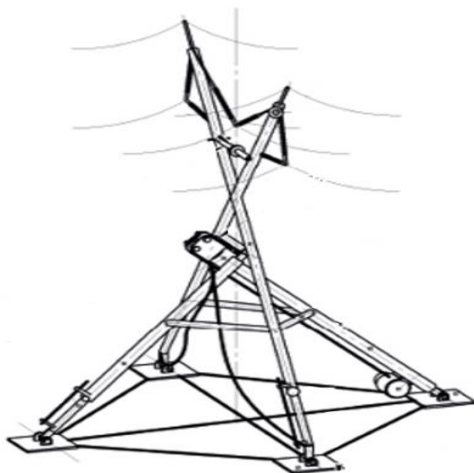


Рис. 2. Схема опоры «Аналитик»

Данная конфигурация позволяет предварительно поднять ведущий подкос с помощью лебедки в вертикальное положение (рис.3) [10].

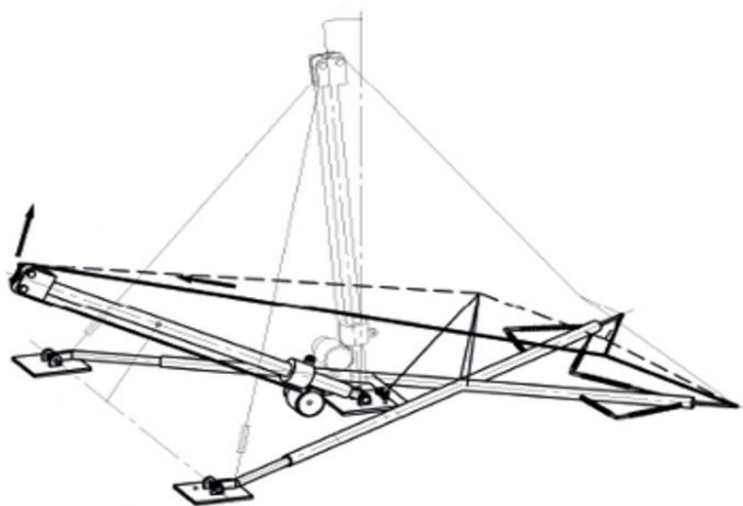


Рис. 3. Подъем ведущего подкоса

Затем этот подкос используется как несущий элемент временного подъемного устройства для приподнятия со скрепленными между собой стойками опоры с земли.

Стойки при этом не поднимаются до проектного рабочего положения, а лишь незначительно приподнимаются от поверхности так, чтобы обеспечить достаточную высоту для сборки шарнирного соединения между кулисой и стойками. Это позволяет собрать кинематическую схему перемещения кулисы вдоль ведущего подкоса при дальнейшей установке опоры (рис.4, а) [6].

Далее кулиса, установленная на нижнем упоре подкоса, берет на себя функцию удержания приподнятых стоек. Трос лебедки крепится уже непосредственно к кулисе, а не подкосу (рис.4, б) [5].

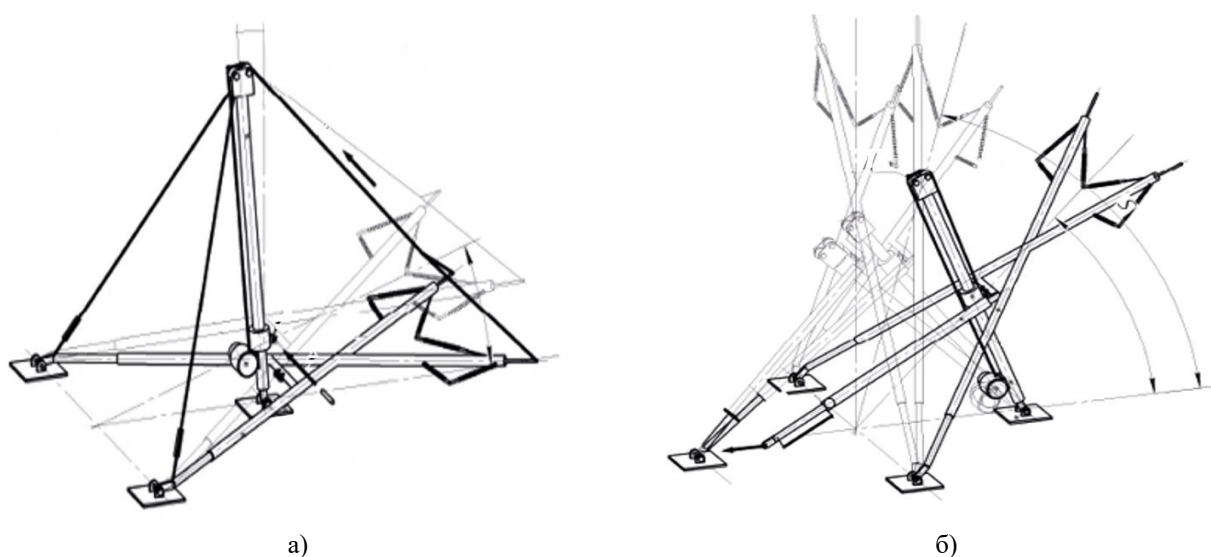


Рис. 4. Этапы монтажа: а – приподъем стоек и сборка шарнира; б – основной подъем

Благодаря скольжению кулисы по подкосу, осуществляется плавный и безопасный подъем стоек в вертикальное рабочее положение. Кулиса обеспечивает надежное соединение подкоса и стоек и предотвращает их возможное опрокидывание во время маневра. После достижения стойками проектного положения, кулиса фиксируется относительно подкоса независимо от троса лебедки. Последний используется в дальнейшем для сборки оставшихся элементов опоры и подъема изоляторов с проводами с земли (рис. 5) [1].

Благодаря простоте конструкции и особенностям технологии, сроки возведения БВО составляют 4–6 часов. Это позволяет значительно сократить время восстановления линий электропередачи.

Быстровозводимые опоры являются эффективным средством оперативного восстановления линий электропередачи. Их применение позволяет:

- сократить время проведения восстановительных работ в 2–3 раза;
- исключить необходимость в тяжелой строительной технике;
- возводить опоры в труднодоступных районах и в любых погодных условиях;
- минимизировать трудозатраты и стоимость восстановления.

Кроме неоспоримых экономического и общего технологического эффекта можно отметить и существенный экологический эффект, получаемый от сокращения сроков и оптимальной технологии монтажа [11].

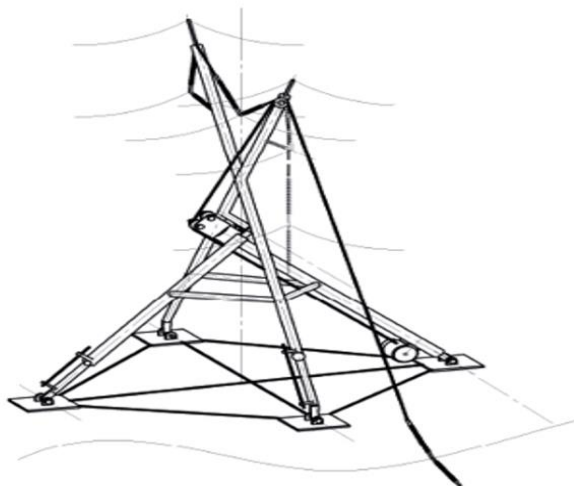


Рис. 5. Подвешивание изоляторов и проводов

**Выводы.** Быстровозводимые опоры могут стать эффективной частью аварийного резерва на предприятиях энергетики для быстрого решения задач восстановления электросетей. Это позволит повысить надежность энергоснабжения и минимизировать недопоставки электроэнергии.

#### Библиографический список

1. Кулик В.В. Быстровозводимая опора для двухцепной линии электропередачи [Электронный ресурс]. URL: <https://poleznayamodel.ru/model/11/111566.html> (дата обращения: 13.06.2024).
  2. Оптимизация работы энергосистем. Определение вероятного ущерба от перерывов энергоснабжения / Е.А. Куликова, Н.М. Попова, Н.В. Коротких, Н.А. Петрикеева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2018. № 4 (13). С. 29–36.
  3. Строительство зданий с помощью 3D-технологий / А.Д. Голядкина, Д.П. Субботин, Н.А. Петрикеева, А.А. Крацько // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 1 (30). С. 29–33.
  4. Голядкина А.Д., Петрикеева Н.А., Чудинов Д.М. Энергетический эффект при 3D-строительстве зданий и сооружений // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов. Тюмень, 2022. С. 20–22.
  5. Суханов П.И. Универсальная быстромонтируемая опора для проведения аварийно-восстановительных работ [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/universalnaya-bystromontiruemaaya-opora-dlya-provedeniya-avarijno-voosstanovitelnyh-rabot>?ysclid=lt1qukd0mt721215677 (дата обращения: 13.06.2024).
  6. Нестеров А.В. Быстровозводимые опоры – в аварийный резерв [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eprussia.ru/epr/290/8536446.htm?ysclid=lt1qqmgava701719712> (дата обращения: 12.06.2024).
  7. Быстровозводимые аварийные опоры 220 кВ [Электронный ресурс]. URL: <https://altik.su/produktsiya/elektroenergetika/bystrovovodimye-avarijnye-opory> (дата обращения: 10.06.2024).
  8. Савин И.В. Инновации и импортозамещение: опора ЛЭП, которая сама себя поднимает [Электронный ресурс]. URL: <https://sectormedia.ru/news/importozameshchenie/innovatsii-i-importozameshchenie-opora-lep-kotoraya-sama-sebya-podnimaet/>(дата обращения: 12.06.2024).
  9. Копытина Е.А., Петрикеева Н.А. Оптимизация стоимости доставки ресурсов при строительстве инженерных коммуникаций // ВІМ. Проектирование. Строительство. Эксплуатация: материалы Всероссийского форума. Под редакцией Д.К. Проскурина. Воронеж, 2018. С. 51–55.
  10. Беленко И.В., Гасанов З.С., Калинина А.И. Быстровозводимые опоры линий электропередач // Современные мировые научные достижения в контексте глобальных вызовов: материалы II Международной научно-практической конференции. Краснодар, 2024. С. 160–162.
  11. Кожухов Р.О., Петрикеева Н.А. Экологические аспекты при передаче высоковольтной электрической энергии // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2015. № 2 (19). С. 47–51.
- Для цитирования: Беленко И.В., Калинина А.И., Коровкина А.И. Быстровозводимые опоры линий электропередач // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. №3 (36). С. 35–39.

УДК 621.331

## АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ И СОСТОЯНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

А. В. Николайчик, Д. А. Былинкин

*Воронежский государственный технический университет**А. В. Николайчик, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (920) 461-98-58, e-mail: A.Nikolaichik@yandex.ru**Д. А. Былинкин, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (980) 340-51-81, e-mail: bylinkin-2002@mail.ru*

**Постановка задачи.** В работе рассмотрены положительные и отрицательные стороны электромобилей, определены их составляющие, конкурентоспособность по отношению к автомобилям с двигателем внутреннего сгорания (ДВС). Рассмотрена необходимость наличия современных энергетических сетей и доступности бесперебойной поставки электроэнергии для нужд такого типа транспорта.

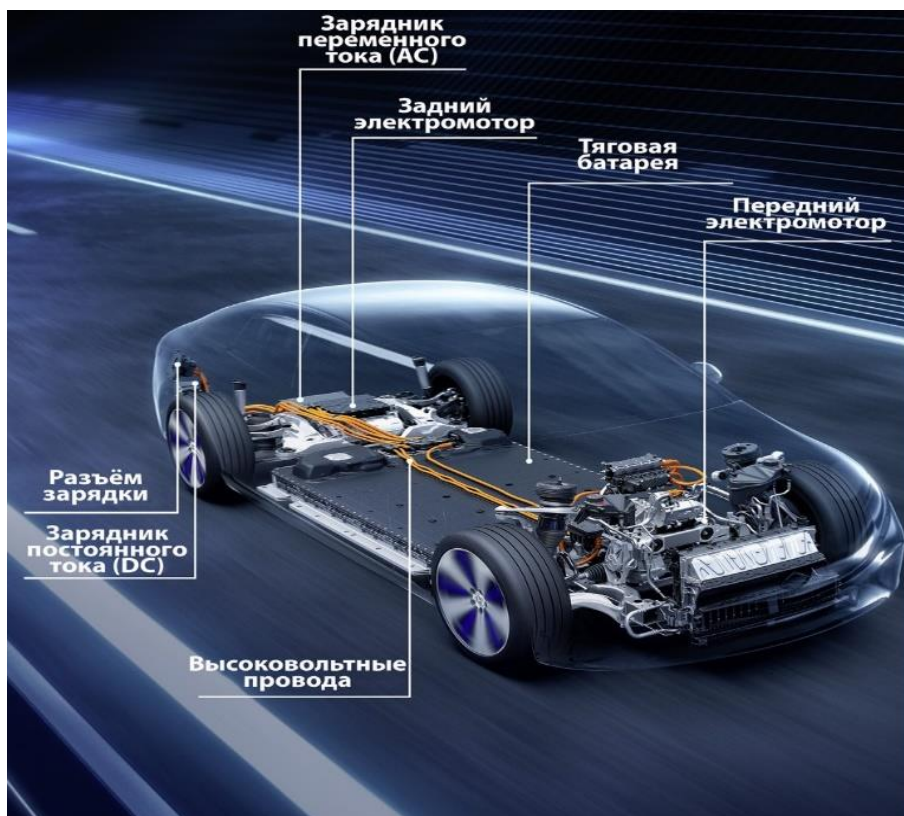
**Результат.** Произведен анализ современных электромобилей и зарядных станций для них, выполнен расчет стоимости км пробега электромобиля при разных способах зарядки и определена стоимость кВт·ч электроэнергии, при которой электромобиль теряет конкурентоспособность по сравнению с автомобилем, оснащенным ДВС.

**Выводы.** Электромобили являются конкурентоспособной альтернативой транспорту с ДВС как с точки зрения экономики, так и с точки зрения экологии.

**Ключевые слова:** электромобили, зарядные станции, энергосети, электричество, конкурентоспособность.

**Введение.** Первые электромобили появились в продаже в 1890 году. До 1900 года эти автомобили демонстрировали рекордные скорости на суше, но уже в двадцатом веке высокая стоимость и малый радиус действия автомобилей с батарейным питанием по сравнению с автомобилями с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) привели к значительному сокращению их использования. В начале 21 века интерес к транспортным средствам, работающим на электроэнергии и альтернативных видах топлива, возрос в связи с новыми технологическими возможностями и растущим негативным воздействием на природу, выражающемся в выбросе в окружающую среду токсичных газов и паров на основе смеси углеводородов в различных пропорциях [1]. Развитие данного типа транспортного средства вызовет необходимость дополнительных мощностей электрической энергии и бесперебойной ее подачи. Ее доступность, особенно в отдаленных районах и населенных пунктах, повлечет за собой развитие энергетических сетей и их производных. Поэтому задача развития электрического транспорта напрямую сопряжена с устойчивой работой и развитием строительства энергетических сетей.

**1. Элементы электромобилей.** Электромобили – это автомобили, приводимые в действие одним или несколькими электродвигателями (электроприводом), работающими от независимого источника электроэнергии (аккумуляторов, топливных элементов, конденсаторов и т.д.), а не от двигателя внутреннего сгорания за счет сжигания жидкого топлива. Устройство современного электромобиля представлено на рис.1 [2]. Электромобили отличаются не только от автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, но и от гибридных автомобилей, которые работают как на электричестве, так и на двигателе ДВС.



**Рис. 1.** Устройство современного электромобиля [1]

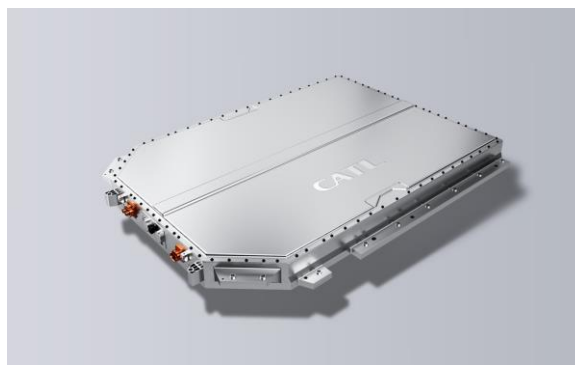
Электромобиль отличается от автомобиля с двигателем внутреннего сгорания некоторыми основными деталями, а именно: электродвигателем, аккумулятором большой емкости, высоковольтными проводами, разъемом для зарядки и наличием инвертора.

С развитием электромобилей некоторые производители отказываются от выпуска автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, поскольку электромобили имеют более простую конструктивную схему. Кроме того, цены на нефтепродукты не перестают расти, что заставляет производителей задуматься.

Аккумуляторная батарея – это перезаряжаемая батарея, используемая для питания электродвигателей электромобилей. На рис. 2а и рис. 2б представлены аккумуляторные батареи электромобилей начала 2000-х годов и их более современные типы [2].



а)



б)

**Рис. 2.** Аккумуляторные батареи электромобилей: а – 2000-х годов; б – 2024 года для машины Zeekr 001 [2]

Аккумуляторы, как и электромобили, технологически разрабатываются с 1890 года.

**2. Анализ зарядных станций.** Зарядные станции – устройство, которое заряжает аккумуляторы электромобилей, используя электроэнергию от бытовых и городских электросетей. В настоящее время существует несколько типов зарядных станций, которые делятся: по мощности зарядки, по типу разъема, по используемым токам: однофазные и трехфазные, по степени скорости зарядки [3].

Типы зарядных станций делятся на 3 условных уровня так же, как и мощность:

1) Level 1 – подключенная в розетку переменного тока зарядка, позволяющая зарядить автомобиль на 20–40 километров за пару часов. Подходит для города или небольшой подзарядки у работы, но абсолютно неприменима в междугородних путешествиях.

2) AC Level 2 – зарядка с использованием монтируемой в обычную электросеть переменного тока зарядной станции, позволяющей наполнить аккумулятор за 10–16 часов. К данному уровню относятся большинство современных коммерческих и бытовых типов зарядок автомобиля.

3) DC Level 3 – fast charge мира автомобилей. Конструкция таких станций подразумевает использование постоянного тока с вилкой 480 В и мощностью 150 кВт, подключаемая по выделенной электролинии. Такой тип зарядных станций поддерживается только в новых автомобилях.

Мощности зарядных станций варьируется от 3,7 до 350 кВт:

1) Существуют зарядки, позволяют зарядить электромобиль от бытовой однофазной сети 16 А и 3,7 кВт до трехфазной сети 32 А и 22 кВт выполняются в настенном исполнении. Именно такой вид зарядных станций устанавливаются в частных домах, а также на парковках.

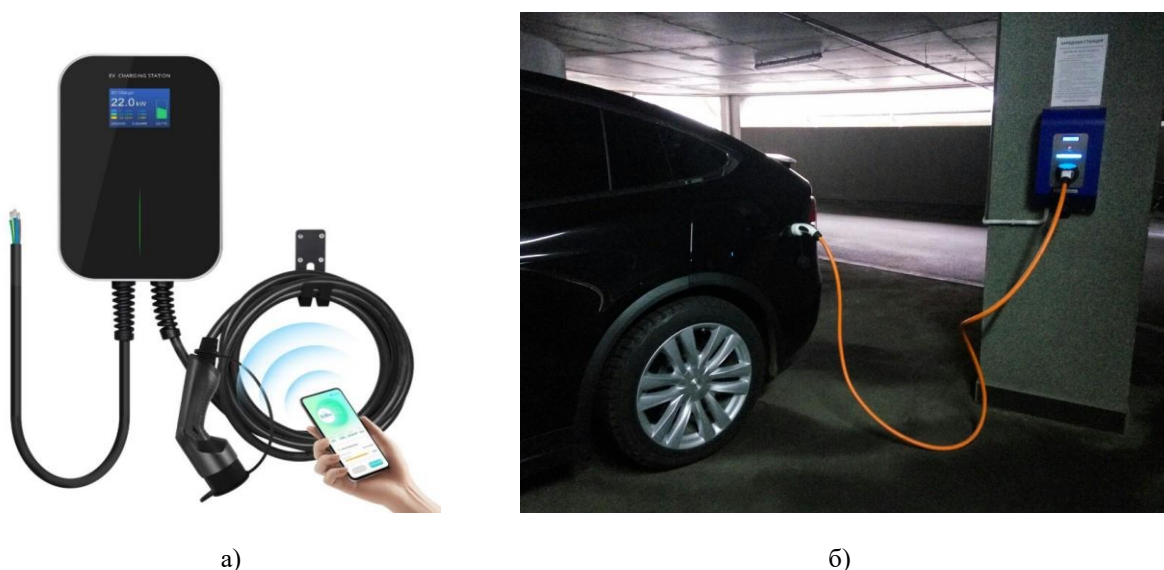
2) Зарядки мощностью от 22 кВт до 63 кВт используют трехфазный ток, данные зарядки используются с разъемом type 2.

3) Зарядки, от 100 до 350 кВт, встречаются реже, поскольку являются более дорогим оборудованием, но позволяют зарядить автомобиль за 30 минут. Выполняются в наземном исполнении открытого типа.

Зарядные станции могут быть разного исполнения – наземного (рис. 3) и настенного (рис. 4а). Зарядные станции могут быть установлены, как для частных потребителей, так и для паркингов общего пользования (рис. 4б).



Рис. 3. Внешний вид современных зарядных станций наземного исполнения [3]



**Рис. 4.** Зарядные станции: а – внешний вид современных зарядных станций настенного исполнения со Smart приложением для смартфона; б – способ установки настенной зарядной станции [3]

Типы разъемов можно выделить следующие [3]:

1) Разъем Type 1 (SAE J1772) – это разъем для зарядки электромобилей. Был разработан в Японии производителями автомобилей JAMA совместно с производителями марки Mitsubishi и Nissan. С помощью него можно заряжать электромобили до 7,2 кВт.

2) Разъем Type 2 – это стандартный разъем для зарядок в Европе, заряжает автомобили однофазным током до 32 А или трехфазным током до 63 А. Является более безопасным разъемом для зарядки электромобилей, также позволяет контролировать процесс зарядки.

3) Разъем GB/T является стандартным разъемом для зарядки электромобилей в Китае. Представляет собой 7-контактный разъем, который поддерживает как однофазную, так и трехфазную зарядку электромобилей. Скорость зарядки может достигать до 500 кВт, что позволяет полностью зарядить автомобиль за менее чем 30 минут.

4) Разъем CHAdeMO – это стандартный разъем для зарядки электромобилей в Японии. CHAdeMO – это аббревиатура, которая означает «Charge de Move» (зарядка и движение). Это и японский стандарт для зарядки постоянным током на уровне 50 кВт. Разъем CHAdeMO имеет специальный вид, сочетающий в себе большой центральный пин с четырьмя маленькими пинами вокруг него. CHAdeMO используется для зарядки электромобилей в официальных станциях быстрой зарядки, которые стандартно поддерживают зарядку до 50 кВт.

5) Разъем CCS (Combined Charging System) – это стандарт для зарядки электромобилей, который поддерживается большинством производителей автомобилей. Он сочетает в себе возможности зарядки AC (переменный ток) и DC (постоянный ток) в одном разьеме, что позволяет заряжать электромобиль на различных уровнях мощности. Разъем CCS имеет два типа разъема: CCS1 и CCS2 (для европейских рынков). CCS1 используется в Северной Америке и Японии, а CCS2 – в Европе и других странах мира. Оба разъема могут передавать до 350 кВт энергии и поддерживают быструю зарядку до 80 % за 20–40 минут.

Обозначение типов существующих современных разъемов представлено на рис. 5 [3].

Время зарядки электромобиля зависит от нескольких важных показателей таких как: емкость аккумулятора, мощность зарядной станции.

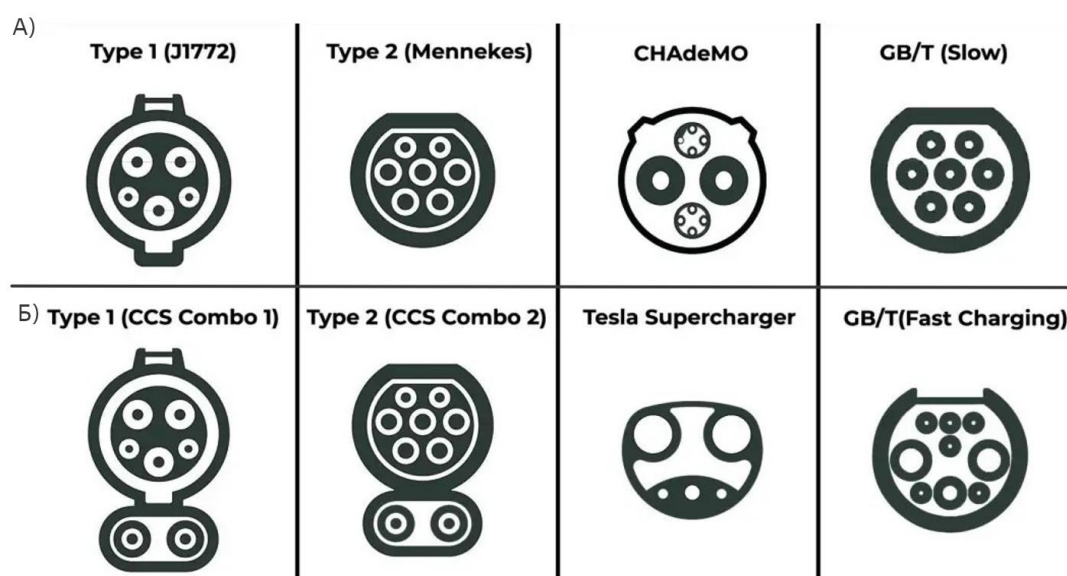


Рис. 5. Типы существующих разъемов: а – медленная скорость зарядки;  
б – быстрая скорость зарядки

В таблицах 1, 2 и 3 представлены модели электромобилей и время их зарядки в зависимости от мощности зарядной станции и емкости аккумуляторов.

Таблица 1  
Показатели скорости зарядки электромобиля при быстрой зарядке  
постоянным током

Модель электромобиля	Мощность зарядки (кВт)	Время зарядки (часов)	Емкость аккумулятора (кВт·час)	Время заряда (ч: мин: с)
Volkswagen ID.3	60	1,28	77	1:13:48
Audi E-tron	60	1,58	95	1:34:48
Tesla Model 3	60	1,08	65	1:04:48
Nissan Leaf	60	1,03	62	1:01:48
Peugeot e-208	60	0,83	50	0:49:48
BMW iX3	60	1,33	80	1:19:48
Mercedes EQC	60	1,42	85	1:25:12
Jaguar I-Pace	60	1,50	90	1:30:00
Porsche Taycan	60	1,56	93	1:33:36
Zeekr 001 super	60	2,33	140	2:20:00
Voyah Free	60	1,77	106	1:46:00

В настоящее время во многих регионах России и некоторых европейских странах электромобили не облагаются налогом или налог снижен на 50 %, в то время как автомобиль с двигателем внутреннего сгорания аналогичной мощности будет облагаться налогом в размере 100 % от суммы налога.

Таблица 2

Показатели скорости зарядки электромобиля при зарядке от сети с 3-х фазным переменным током

Модель электромобиля	Мощность зарядки (кВт)	Время зарядки (часов)	Емкость аккумулятора (кВт·час)	Время заряда (ч: мин: с)
Volkswagen ID.3	22	3,50	77	3:30:00
Audi E-tron	22	4,32	95	4:19:12
Tesla Model 3	22	2,95	65	2:57:00
Nissan Leaf	22	2,82	62	2:49:12
Peugeot e-208	22	2,27	50	2:16:12
BMW iX3	22	3,64	80	3:38:24
Mercedes EQC	22	3,86	85	3:51:36
Jaguar I-Pace	22	4,09	90	4:05:24
Porsche Taycan	22	4,25	93	4:15:00
Zeekr 001 super	22	6,36	140	6:21:49
Voyah Free	22	4,82	106	4:49:05

Таблица 3

Показатели скорости зарядки электромобиля при зарядке от сети однофазного переменного тока

Модель электромобиля	Мощность зарядки (кВт)	Время зарядки (часов)	Емкость аккумулятора (кВт·час)	Время заряда (ч: мин: с)
Volkswagen ID.3	7,5	10,27	77	10:16:12
Audi E-tron	7,5	12,67	95	12:40:12
Tesla Model 3	7,5	8,67	65	8:40:12
Nissan Leaf	7,5	8,27	62	8:16:12
Peugeot e-208	7,5	6,67	50	6:40:12
BMW iX3	7,5	10,67	80	10:40:12
Mercedes EQC	7,5	11,33	85	11:19:48
Jaguar I-Pace	7,5	12,00	90	12:00:00
Porsche Taycan	7,5	12,45	93	12:27:00
Zeekr 001 super	7,5	18,67	140	18:40:00
Voyah Free	7,5	14,13	106	14:08:00

**3. Определение конкурентоспособности электромобилей.** Конкурентоспособность электромобилей перед автомобилями с ДВС можно определить из представленных ниже таблиц и диаграмм. Во всем мире показателем является стоимость 1 км пробега.

В таблицах 4, 5 приведены затраты на передвижение в черте города на 100 км при среднем расходе электроэнергии 22 кВт, и цене кВт за 1 км, а также расходы бензина на 100 км, и цена на топливо за 1 км. Основные табличные данные проиллюстрированы на графиках ниже (рис. 6, 7).

Из вышеприведенных аналитических и расчетных данных можно сделать вывод, что стоимость электроэнергии за кВт, при котором прослеживается преимущество электромобилей перед машинами с ДВС, равняется 3,6–29 рублей за кВт (таблица 4, 5).

Таблица 4

Расчет стоимости 1 км пробега для электромобилей

Средний расход электромобиля по городу, (кВт/100 км)	Тарифы электроэнергии для потребителей	Стоимость 1 кВт электроэнергии, руб.	Стоимость 1 км пробега, руб.
22,00	Частное домовладение в сельской местности (1)	3,60	0,79
	Частное домовладение в городе (2)	6,00	1,32
	Управляющие компании в ЖК (3)	12,00	2,64
	Наземные зарядные станции в зависимости от мощности зарядки (4)	20,00	4,40
		22,00	4,84
		25,00	5,50
		30,00	6,60
		35,00	7,70
40,00	8,80		
50,00	11,00		

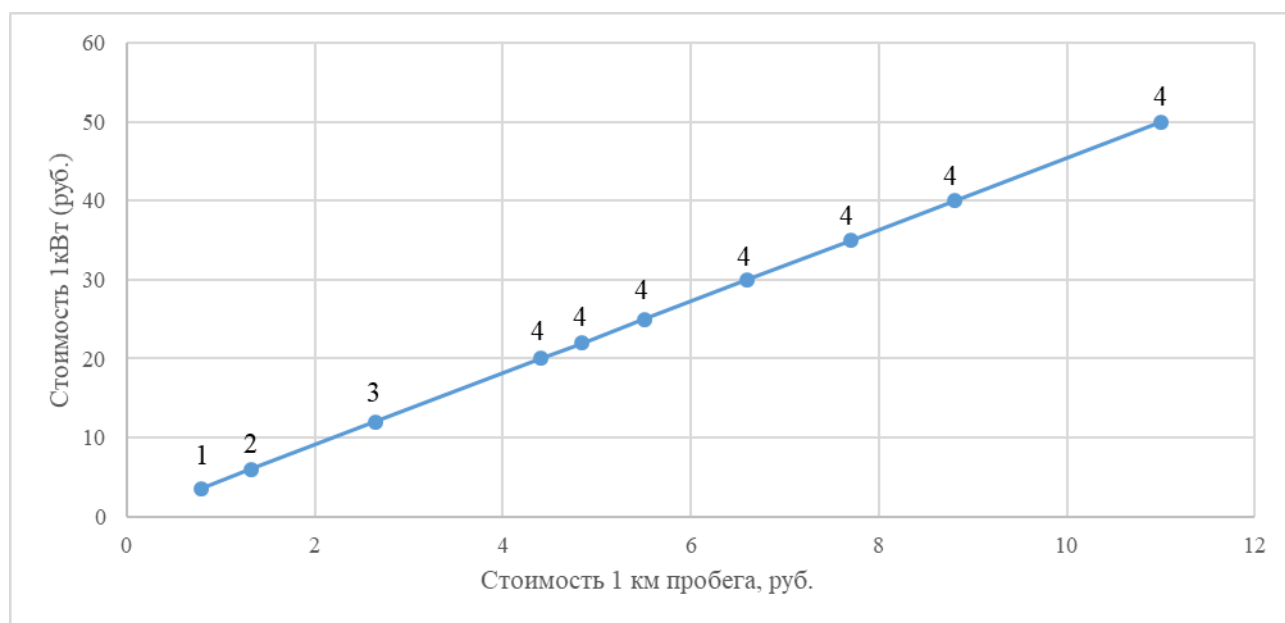


Рис. 6. График зависимости стоимости 1 км пробега для электромобилей

Таблица 5

Расчет стоимости 1 км пробега для автомобилей с ДВС

Наименование топлива	Средний расход ДВС по городу, л/100 км	Стоимость 1 л горючего топлива, руб.	Стоимость 1 км пробега, руб.
Аи-92 (5)	12–14	52,00	6,24–7,80
Аи-95 (6)	12–14	56,00	6,72–7,84
ДТ (7)	8–11	58,00	4,64–6,38



Рис. 7. График зависимости стоимости 1 км пробега для автомобилей с ДВС

На рис. 8 представлено сравнение графиков стоимости 1 км пробега для электромобилей и автомобилей с ДВС в зависимости от цены за единицу энергоносителя (1 кВт электроэнергии для электромобилей и 1 литр топлива для автомобилей с ДВС).

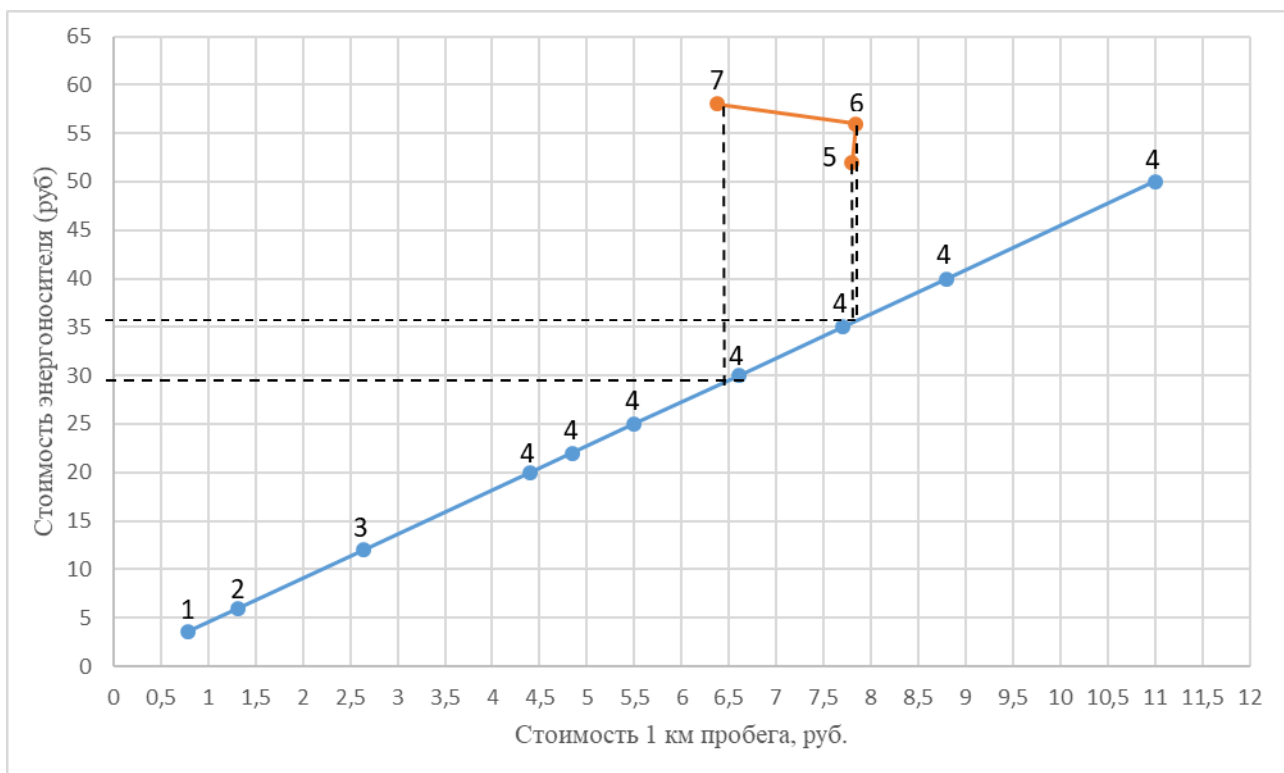


Рис. 8. График зависимости стоимости 1 км пробега для электромобилей и автомобилей с ДВС в зависимости от цены за единицу энергоносителя

**4. Плюсы и минусы электромобилей.** Ознакомившись с открытой информацией об автомобилях, основной движущей силой которых является электричество, можно выделить ряд преимуществ над машинами с ДВС. Это прежде всего следующее:

- 1) В электромобиле меньше расходных материалов, чем в автомобиле с ДВС.
- 2) У электромобилей отсутствует шум двигателя, для многих этот плюс будет немаловажен, так как от постоянного шума мотора люди могут испытывать дискомфорт.
- 3) Машину возможно зарядить, как в домашних условиях от розетки, так и от зарядных станций.
- 4) Отсутствует выхлоп, а, следовательно, отсутствуют запахи и вредные выбросы в атмосферу.
- 5) Электромобили имеют меньшее количество механизмов по сравнению с ДВС, которые могут прийти в непригодность от температурного и механического износа.
- 6) Электромобили имеют достаточно хорошую устойчивость и управление на дорогах за счет расположения батареи в нижней точке, распределенной между колес, что снижает центр тяжести автомобиля.
- 7) Электромобиль не имеет проблем с запуском двигателя в сильные морозы зимой в отличие от машин с ДВС.

Одним из минусов является высокая стоимость автомобиля из-за его высокой технологичности.

В городах со слабым развитием инфраструктуры быстрозарядные станции обычно отсутствуют, либо выполнены в малом количестве, или же находятся далеко за городом. К тому же при отсутствии быстрозарядных станций возникает необходимость использовать бытовые розетки, что в свою очередь несет ряд неудобств, поскольку такой метод зарядки занимает большой объем времени и электроэнергии. Это должно предусматривать доступность и бесперебойность электроэнергии, следовательно, дальнейшее развитие энергосетей.

В отличие от жидкого топлива, электричество в больших объемах невозможно взять с собой на большие расстояния, что является ограничением передвижения электрокара в пределах зарядных станций и собственного запаса хода.

**Выводы.** На основании приведенных выше аналитических данных и выполненных расчетов установлено, что использование электромобилей в городской среде (в радиусе 100 км) конкурентоспособно по сравнению с автомобилями с ДВС по экологическим критериям (отсутствуют выбросы выхлопных газов) и при стоимости электроэнергии за 1 кВт до 29 руб.

В настоящий момент отсутствие развитой инфраструктуры сети электрозарядных станций, бесперебойная подача электроэнергии и постоянный рост стоимости электроэнергии являются сдерживающим фактором полномасштабного развития электротранспорта в нашей стране. Дальнейшее развитие техники и технологии электромобилей позволит увеличить их применения в повседневной жизни человека не только в городской среде, но и за ее пределами. Особое внимание необходимо уделять доступности и бесперебойности подачи электроэнергии и дальнейшему развитию энергосетей.

#### Библиографический список

1. Аккумуляторы электромобилей [Электронный ресурс]. URL: <https://trauto.ru/akkumulyatory-elektromobilej-emkost-ustrojstvo-srok-sluzhby/> (дата обращения: 16.03.2024).
2. Зарядные станции наземного исполнения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mnnsz.hu/az-ionity-az-abb-t-az-valasztotta-az-europai-toltohalozata-bovitesenek-masodik-utemehez/> (дата обращения: 11.03.2024).
3. Зарядные станции и типы разъемов [Электронный ресурс]. URL: <https://holidaydays.ru/skolko-vremeni-zaryadit-elektromobil.html> (дата обращения: 28.03.2024).

*Для цитирования:* Николайчик А.В., Былинкин Д.А. Анализ электрических зарядных станций и состояния современных электромобилей // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. №3 (36). С. 40–48.

## ***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 препринта;

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

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

Автор согласен с тем, что редакция журнала имеет право:

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

– производить сокращения и редакционные изменения текста рукописи;

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

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