

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО  
ИНФРАСТРУКТУРА  
КОММУНИКАЦИИ**

**Выпуск № 3(20) 2020**

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

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

394006 Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, ком. 2135а;

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

**№ 3(20)**

**Сентябрь, 2020**

- 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**



**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО  
ИНФРАСТРУКТУРА  
КОММУНИКАЦИИ**

Научный журнал

Издается с 2015 года

Выходит 4 раза в год

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

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**Главный редактор:** **Мелькумов В. Н.**, д-р техн. наук, проф.,  
Воронежский государственный технический университет

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

**Ответственный  
секретарь:** **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. архит, 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. арх., доц., Воронежский государственный технический университет

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

**Кузнецов С. Н.**, 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. арх., доц., Воронежский государственный технический университет

Редактор: *Тульская С. Г.* Дизайн обложки: *Чуйкина А. А.*

Дата выхода в свет 28.08.2020. Усл. печ. л. 5.93. Формат 60×84/8. Тираж 500 экз. Заказ № 408

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-68664.

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

Цена свободная

Адрес редакции и издателя: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, ком. 2135а;  
тел.: (473)2-71-53-21; e-mail: gik\_vgasu@mail.ru.

ОТПЕЧАТАНО: Созидатель, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 103

+12

© ВГТУ, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ.....</b>	<b>6</b>
<i>Межян С. А., Цораева Э. Н.</i>	
Территориальное планирование и градостроительное зондирование города Краснодар.....	6
<b>ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ.....</b>	<b>11</b>
<i>Каплан Л. В., Купновицкий В. Д., Хромов П. К.</i>	
Анализ современных рекомендаций по проектным значениям среднегодовых температур теплоносителя в тепловых сетях.....	11
<i>Аралов Е. С., Монько В. И., Фирсов Т. С., Петров С. А.</i>	
Анализ особенностей запорно-регулирующей арматуры газотранспортной сети .....	16
<i>Ермаков Н. О., Чуйкин С. В.</i>	
Проблемы использования биогаза в светлых излучателях.....	24
<b>ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА.....</b>	<b>30</b>
<i>Шафеев Д. Ю., Лукьяненко В. И., Мартыненко Г. Н.</i>	
Расширенные обязанности инженера ПТО организации, эксплуатирующей городские энергосети .....	30
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ.....</b>	<b>38</b>
<i>Тульская С. Г., Кузнецова Г. А., Добровольский Д. А., Головня А. Р.</i>	
Новый тип нефтяных залежей.....	38
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....</b>	<b>43</b>
<i>Тульская С. Г., Долбилова М. А., Шпилова Ю. Г., Бохан А. Р.</i>	
Экологические аспекты прокладки воздушных и кабельных линий электропередачи .....	43
<b>ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....</b>	<b>50</b>

# ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

УДК 711.581

## ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ГОРОДА КРАСНОДАР

С. А. Межян, Э. Н. Цораева

*Кубанский государственный аграрный университет им И.Т. Трубилина  
С. А. Межян, студент кафедры землеустройства и земельного кадастра  
Россия, г. Краснодар, тел. : +7(861) 221-59-46, e-mail: sirunik.mezhyan@mail.ru  
Э. Н. Цораева, канд. с.-х. наук, доц. кафедры землеустройства и земельного кадастра  
Россия, г. Краснодар, тел. : +7(861) 221-59-46, e-mail: kafedra\_zu\_zk@mail.ru*

**Постановка задачи.** Цель работы состоит в том, чтобы выявить проблемы исследуемого микрорайона и предложить необходимые меры их решения. Тем самым, можно подтвердить, что это обеспечит благоустройство жизнедеятельности населения, проживающего на данном микрорайоне.

**Результаты и выводы.** В статье приведены такие иллюстрации, как: разработка проекта устройства общеобразовательных и дошкольных образовательных учреждений по музыкальному микрорайону города Краснодар и схема территориального планирования музыкального микрорайона города Краснодар. В соответствии с целью данной работы решались следующие задачи: проанализировать проведения градостроительного зонирования и рассмотрения определений о территориальных зонах; рассмотреть основные задачи градостроительного зонирования; выявить основные современные проблемы в рассматриваемом объекте и предложить эффективные варианты решения; сравнить генеральный план города Краснодар музыкального микрорайона со схемой территориального планирования данного микрорайона; вычислить необходимое количество мест общеобразовательных школ, гимназий и лицей, детских садов для их разработки и будущего размещения в данном населенном пункте; рассмотреть градостроительное зонирование как часть единого процесса правового регулирования градостроительной деятельности на местном уровне.

**Ключевые слова:** градостроительное зонирование, территориальные зоны, генеральный план, образовательные учреждения, градостроительство.

**Введение.** Актуальность исследования данной темы обусловлена тем, что градостроительное зонирование является составляющей частью более обширного процесса – правового регулирования градостроительной деятельности; необходимость установления единой методики разработки документов градостроительного зонирования. Цель работы состоит в том, чтобы выявить проблемы исследуемого микрорайона и предложить необходимые меры их решения. Если учитывать уровень благоустройства населенных пунктов, то необходимо отметить, что это один из показателей качества среды обитания, а целенаправленная деятельность по формированию благоприятной среды обитания населения составляет суть государственной градостроительной политики.

**1. Основные определения и функции градостроительного зонирования.** Зонирование – в условиях рыночной экономики зонирование земель устойчивая форма контроля за ис-

пользованием территории. Само по себе установление территориальных зон и градостроительных регламентов не может быть целью процесса градостроительного зонирования (как это упоминается в статье 1 Градостроительного кодекса РФ).

Первая модель градостроительного зонирования предполагает постепенное установление регламентов в составе градостроительной документации. Вторая модель градостроительного зонирования предполагает установление градостроительных регламентов в рамках одного документа – правил землепользования и застройки [2].

Выделены следующие задачи градостроительного зонирования:

1. Деление территории города на территориальные зоны и подзоны

2. Определение границ зон с особыми условиями использования территорий

3. Определение перечня разрешённых видов использования недвижимости в составе градостроительного регламента

4. Определение параметров использования земельных участков и объектов капитального строительства в составе градостроительного регламента

5. Установление взаимосвязей планировки территорий и градостроительного зонирования

Карта градостроительного зонирования городского или сельского поселения (схема-карта функциональных зон) является составной графической частью Правил землепользования и застройки (ПЗЗ) территорий поселений. В ней устанавливаются границы всех территориальных зон, включённых в Генеральный план поселения.

Территориальные зоны – это земельные территории, объединённые возможностью застройки конкретными видами объектов. Территориальные зоны состоят из функциональных зон, то есть видов территорий с конкретными разрешёнными использованиями [4].

**2. Анализ состояния благоустройства исследуемого объекта.** Объектом исследования данной статьи являются документы градостроительного зонирования и генеральный план населенного пункта, на примере Генерального плана города Краснодар. К общим сведениям об объекте исследования можно отнести: численность населения составляет 50 тыс. человек; протяженность дорог Музыкального микрорайона города Краснодар в пределах границ улиц Московской – Российской, Солнечной – им. Петра Метальникова составляет 25 км; из них порядка 5-7 км находятся в общей долевой собственности жителей многоквартирных домов микрорайона.

Основная задача статьи реализовать благоприятное размещение детских дошкольных образовательных учреждений и общеобразовательных школ.

Подсчет количества детских дошкольных образовательных учреждений осуществлялся за счет расчета по демографии с учетом уровня обеспеченности детей дошкольными учреждениями для ориентировочных расчетов, что составило 39. С учетом количества населения в данном микрорайоне было вычислено 1950 необходимых мест. При новой застройке территорий и отсутствии демографии следует принимать 180 мест на 1 тыс. чел., при этом на территории жилой застройки размещать из расчета 100 мест на 1 тыс. чел. Подобные меры провели для общеобразовательных школ, лицей, гимназий. Так, расчет по демографии с учетом уровня охвата школьников для ориентировочных расчетов составляет 102 места. И для данного исследуемого объекта с учетом численности населения необходимо 5100 мест.

Таблица 1

## Основные показатели генерального плана по Музыкальному микрорайону

№ пп	Наименование объекта	Существующие	Проектируемые	Необходимо запроектировать
1	Центр – Детский сад № 100	628 мест	–	–
2	Детский сад «Мозаика»	250 мест	–	–
4	МБОУ СОШ № 98	1801 место	–	–
5	МАОУ СОШ № 17	1064 мест	–	–
6	МАОУ СОШ № 66	4297 мест	–	–
7	Детский сад № 1	–	–	480
8	Детский сад № 2	–	–	650
	Всего: садов	878	–	1130
	школ	7162	–	–

Главное условие, чтобы можно было развивать инфраструктуру микрорайона. Необходимо обеспечить благоустройство для всего населения и, в том числе, для детей.

По результатам (табл. 1), мы определили, что существуют достаточное количество общеобразовательных школ вблизи микрорайона, и нет необходимости для проектирования новых мест. Однако, есть нехватка количества мест для дошкольных образовательных учреждений, число которых составляет 1130 мест необходимых запроектировать.

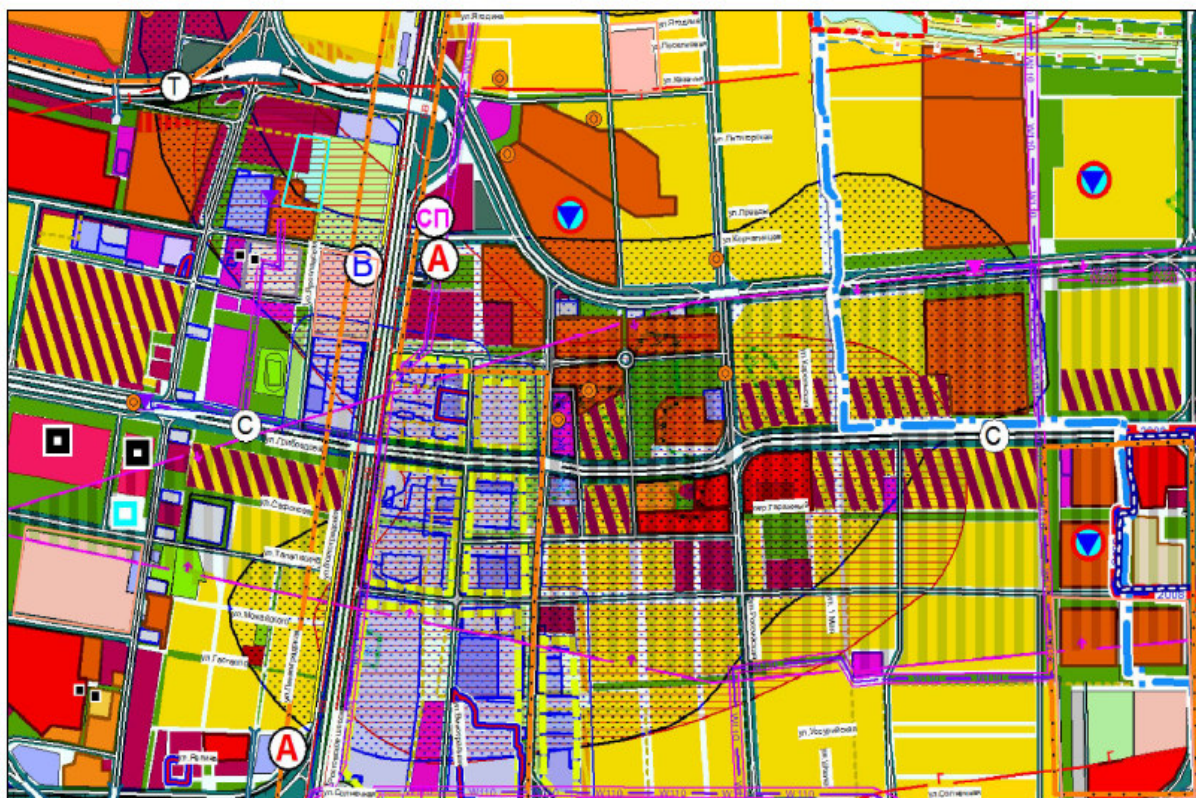


Рис. 1. Разработка проекта устройства общеобразовательных и дошкольных образовательных учреждений по Музыкальному микрорайону города Краснодар

На сегодняшний день устройство ребенка в детский сад и школу – всегда испытание для семьи. Какая школа (детсад) лучше, куда удобнее ходить, надо ли встречать провожать, вдруг не возьмут – у родителей множество вопросов. Испытание превращается в стресс для родителей, когда случается такое вроде бы приятное событие, как переезд. Узнаваемая картина – первые очереди жилья ввели, а школа с детским садом задерживаются.

Сравнивая Генеральный план (рис. 1) Музыкального микрорайона со схемой территориального планирования (рис. 2), можно сказать, что существуют большое количество проблем, которые необходимо разрешить.



**Рис. 2.** Схема территориального планирования Музыкального микрорайона города Краснодар

**Выводы.** В результате выполненной работы выявили современные проблемы в рассматриваемом объекте, сравнив Генеральный план города Краснодар Музыкального микрорайона со схемой территориального планирования данного микрорайона. Существуют несовпадения в плане границ земельных участков, размещение существующих общеобразовательных школ и детских садов. Трудности были в нахождении достоверной информации и в решении такой проблемы как – определение количество общеобразовательных школ и детских садов, относящиеся к микрорайону. Таким образом, при проектировании новых школ или детских садов обеспечивается благоустройство жизнедеятельности населения, проживающего в Музыкальном микрорайоне города Краснодара.

Мы рассмотрели только маленький Музыкальный микрорайон, если же говорить в целом о городе, то подобные проблемы будут тысячи. Необходимо внедрить качественные изменения в Генеральный план, которые будут представлять собой достоверную информацию и соответствовать реальности. Ведь Генеральный план используют для работы не только студенты, но и специалисты из различных профессиональных сфер [10–16].

## Библиографический список

1. **Вильнер, М. Я.** Методологические основы анализа и комплексной оценки территории в территориальном планировании / М. Я. Вильнер // Вестник. Зодчий. 21 век. – 2008. – № 3(28). – С.14–17.
2. **Груздев, В. М.** Территориальное планирование. Теоретические аспекты и методология пространственной организации территории: учеб. пос. для вузов Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. Н. Новгород : ННГАСУ, – 2014. – 146 с.
3. **Жданов, С. М.** Территориальное планирование – это основа развития территории / С. М. Жданов // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 7. – С. 9–10.
4. **Кукина, И. В.** Проектная и исследовательская деятельность в сфере территориального планирования, градостроительного зонирования, в области планировки территории / И. В. Кукина, Н. А. Унагаева, И. Г. Федченко, Я. В. Чуй // Электронное учебное издание. Сибирский федеральный университет. Институт архитектуры и дизайна. – Красноярск – 2018.
5. **Манаенко, А. А.** Территориальное планирование как основа регулирования городской застройки / А. А. Манаенко, М. А. Шатеева // В сборнике: Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий в АПК. VI Международная научно-практическая конференция. – 2016. – С. 21–23.
6. **Рой, О. М.** Основы градостроительства и территориального планирования / О. М. Рой // Учебник и практикум. Сер. 76 Высшее образование (1-е изд.). – Москва. – 2019.
7. **Сергиенко, Е. А.** Выход из демографического кризиса путем обеспечения устойчивого развития городских территорий / Е. А. Сергиенко, Э. Н. Цораева // Сборник: Инвестиции, строительство, недвижимость социально-экономического развития территорий и повышения качества жизни населения. Материалы X Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Под редакцией Т. Ю. Овсянниковой, И. Р. Салагор. – 2020. – С. 232–236.
8. **Цораева, Э. Н.** Устойчивое развитие городских территорий: зарубежный опыт / Э. Н. Цораева, Е. А. Сергиенко // Сборник: Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. Сборник статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции. – 2020. – С. 533–537.
9. **Гагаринова, Н. В.** Проблемы эффективного управления земельными ресурсами России / Н. В. Гагаринова, Э. Н. Цораева, Н. С. Бакуменко // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. – 2018. – № 3 (225). – С. 114–120.
10. **Цораева, Э. Н.** Проблемы рационального использования и охраны почв / Э. Н. Цораева // В сборнике: итоги научно-исследовательской работы за 2017 год. Сборник статей по материалам 73-й научно-практической конференции преподавателей. – 2018. – С. 247–248.
11. **Любицкая, Е. В.** Государственный кадастровый учет объектов недвижимости / Е. В. Любицкая, Ю. Е. Уфимцева, Э. Н. Цораева // Эпомен. – 2019. – № 25. – С. 160–167.
12. **Яроцкая, Е. В.** Повышение эффективности управления земельными ресурсами на муниципальном уровне (на примере карачаево-черкесской республики) / Е. В. Яроцкая, Э. Н. Цораева, А. В. Кардаш // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 195–200.
13. **Цораева, Э. Н.** Проблемы нарушения земельного законодательства в Краснодарском крае / Э. Н. Цораева, Н. А. Баева // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2019. – Т. 19. – № 3. – С. 114–116.
14. **Цораева, Э. Н.** Предоставление земельных участков под газопровод в МО Темрюкский район / Э. Н. Цораева // В сборнике: Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. – 2019. – С. 572–578.
15. **Бухало, Ю. А.** Инновации в территориальном планировании / Ю. А. Бухало, Е. В. Яроцкая // В сборнике: Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. – 2019. – С. 148–155.
16. **Коваленко, Е. В.** Зонирование в системе управления земельными ресурсами на примере территории Краснодарского края / Е. В. Коваленко, Е. В. Яроцкая // В сборнике: Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. – 2019. – С. 395–403.

*Для цитирования:* **Межян, С. А.** Территориальное планирование и градостроительное зондирование города Краснодар / С. А. Межян, Э. Н. Цораева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2020. – № 3 (20). – С. 6–10.

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 697.341

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРОЕКТНЫМ ЗНАЧЕНИЯМ СРЕДНЕГОДОВЫХ ТЕМПЕРАТУР ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ

Л. В. Каплан, В. Д. Купновицкий, П. К. Хромов

*Воронежский государственный технический университет*

*Л. В. Каплан, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел. +8(903)8537094, e-mail: leonid.spec-2009@yandex.ru*

*В. Д. Купновицкий, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

*П. К. Хромов, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

**Постановка задачи.** В инженерной практике часто приходится пользоваться рекомендуемыми значениями среднегодовых температур для подающей и обратной магистрали тепловой сети [1, 3]. В своде правил по проектированию тепловых сетей подобные значения для подающей магистрали указаны в зависимости от проектных значений температурных графиков качественного регулирования. В изменении №1 к СП «Тепловые сети» рекомендуются более высокие температуры в сети для интервала проектных значений температурных графиков 95–150 °С. Наблюдаются противоречия в современных нормативах по рекомендуемым значениям среднегодовых температур теплоносителя, используемых при расчете тепловой изоляции и нормативных значений потерь теплоты при транспортировке теплоносителя потребителю.

**Результаты.** Определены среднегодовые значения проектной температуры теплоносителя в подающей магистрали тепловой сети для температурных графиков 95/70 – 180/70, как средневзвешенные по среднемесячным значениям температуры теплоносителя в трубопроводе, определенные по температурному графику в соответствии со среднемесячными значениями температуры наружного воздуха для г. Тверь.

**Выводы.** Установлены расхождения между рекомендуемыми и полученными расчетом значениями, которые могут достигать 25,6 °С.

**Ключевые слова:** тепловая сеть, температурный график, среднегодовая температура теплоносителя, энергосбережение, тепловые потери.

**Введение.** При проектировании тепловых сетей одной из важных величин является среднегодовая температура теплоносителя. Эта величина необходима для расчета теплоизоляционных конструкций сети, определения тепловых потерь при транспортировке теплоносителя, участвующих в формировании тарифа на тепловую энергию [2, 4–8]. Этот показатель необходим при создании перспективных программ и схем развития тепловых сетей и источников генерации теплоты, энергосберегающих стратегий теплосетевых и генерирующих предприятиях [6, 9]. Использование ошибочных значений среднегодовых температур воды в

сети может привести к принятию не верных инженерных решений и значительным экономическим убыткам [8, 10–15].

В современных нормативных документах содержатся рекомендации по значениям среднегодовых температур в зависимости от температурного графика. Рекомендации представлены в следующих документах: приказ министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. № 325 «Об утверждении порядка определения нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии, теплоносителя...» (с изм. 2012 г.); СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» (с изм. 2017 г.); СП 124.13330.2012 «Тепловые сети» (с изм. 2019 г.). В таблице 1 представлены значения рекомендуемых среднегодовых температур воды в подающей магистрали тепловой сети.

Таблица 1

Рекомендуемые нормативами значения среднегодовых температур воды в подающей магистрали тепловой сети

Проектная температура воды, °С	СП 124.13330.2012 с изм.1 (2019)	СП 124.13330.2012	СП 61.13330.2012; приказ № 325
180	110	110	110
150	90	90	90
130	85	65	80,91*
115	75	60,71*	74,09*
105	70	57,86*	69,55*
95	65	55	65

\*значения, полученные интерполяцией

Из таблицы 1 следует, что в области проектных температур 95–130 °С рекомендуются разные значения среднегодовых температур. Действующие нормативы по тепловой изоляции трубопроводов и определению нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии потребителю не указывают значения в диапазонах графиков 105/70 – 130/70. В последней редакции СП «Тепловые сети» по сравнению с предыдущей, рекомендуемые значения температур в интервале проектных от 95 до 130 °С значительно увеличились. Например, температурном графике 130/70 среднегодовая температура воды в подающей магистрали тепловой сети при переменной температуре сетевой воды и качественном регулировании составляла 65 °С, а в последней редакции 2019 г. 85 °С. Данные таблицы 1 позволяют сделать вывод о том, что рекомендуемые значения в СП 124.13330.2012 (редакция 2012 г.) являются заниженными по сравнению с другими нормативами, причем значительно.

**Нахождение проектных значений среднегодовой температуры в подающей магистрали сети.** Для климатологических условий г. Тверь был построен отопительный температурный график качественного регулирования тепловой сети [4, 12] с учетом установки современных отопительных приборов в зданиях [5]. Расчеты проводились для проектных температур подающего трубопровода 180, 150, 130, 115, 105, 95 °С. Были найдены среднемесячные значения температур воды в сети с учетом среднемесячных значений температур наружного воздуха в каждом месяце отопительного периода согласно последней редакции СП «Строительная климатология». На рисунке 1 представлены рассматриваемые температурные графики с учетом температуры излома 70 °С.

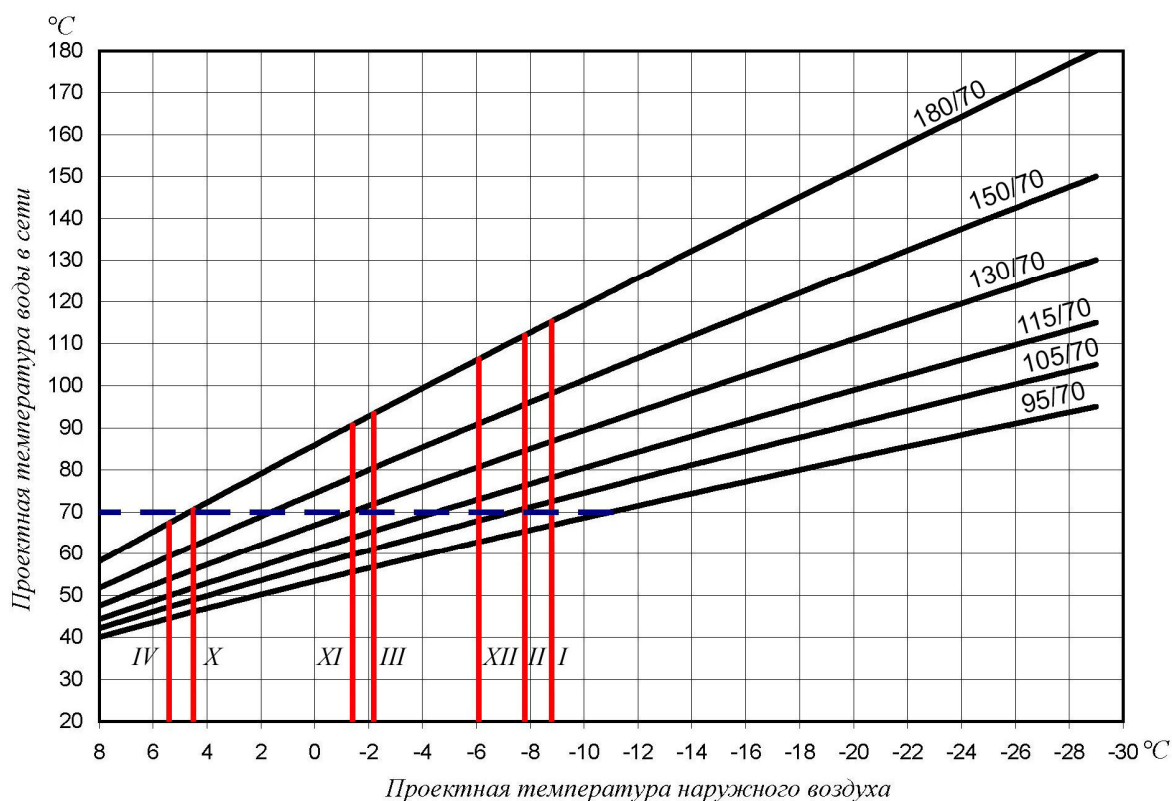


Рис.1. Температурные графики для подающей магистрали теплосети

На рисунке 1 также проведены средние температуры месяцев отопительного периода, позволяющие сделать вывод о средней температуре в подающей магистрали тепловой сети. Для рассматриваемой территории месяцами отопительного периода являются январь (I), февраль (II), март (III), апрель (IV), октябрь (X), ноябрь (XI) и декабрь (XII).

В таблице 2 представлены данные по среднемесячным температурам наружного воздуха для рассматриваемой территории и расчетные значения среднемесячных температур воды в тепловой сети.

Таблица 2

Расчетные значения среднемесячных температур воды в тепловой сети

Месяц	Среднемесячные температуры наружного воздуха, °C	Кол-во суток	Температурный график					
			95/70	105/70	115/70	130/70	150/70	180/70
Январь	-8,8	31	70	72,50	78,20	86,76	98,16	115,27
Февраль	-7,8	28	70	70,81	76,30	84,53	95,51	111,98
Март	-2,2	31	70	70	70,00	71,87	80,47	93,36
Апрель	5,4	30	70	70	70	70	70	70
Май	12,3	31	70	70	70	70	70	70
Июнь	16,3	15	70	70	70	70	70	70
Июль	18,3	31	70	70	70	70	70	70
Август	16,3	31	70	70	70	70	70	70
Сентябрь	10,5	30	70	70	70	70	70	70
Октябрь	4,5	31	70	70	70	70	70	70,47
Ноябрь	-1,4	31	70	70	70,00	70,03	78,28	90,67
Декабрь	-6,1	30	70	70	73,04	80,73	90,98	106,37
Средневзвешенные значения температур			70	70,29	71,49	73,73	77,99	84,43

Из таблицы 2 следует, что для климатологических данных г. Тверь с учетом использования рекомендуемой методики при использовании температурных графиков 95/70, 105/70, 115/70, 130/70, 150/70, 180/70 средние значения температур в подающей магистрали составят соответственно 70 °С, 70,29 °С, 71,49 °С, 73,73 °С, 77,99 °С, 84,83 °С. На рис. 2 представлены значения рекомендуемых различными нормативами значений температур и полученных расчетом.

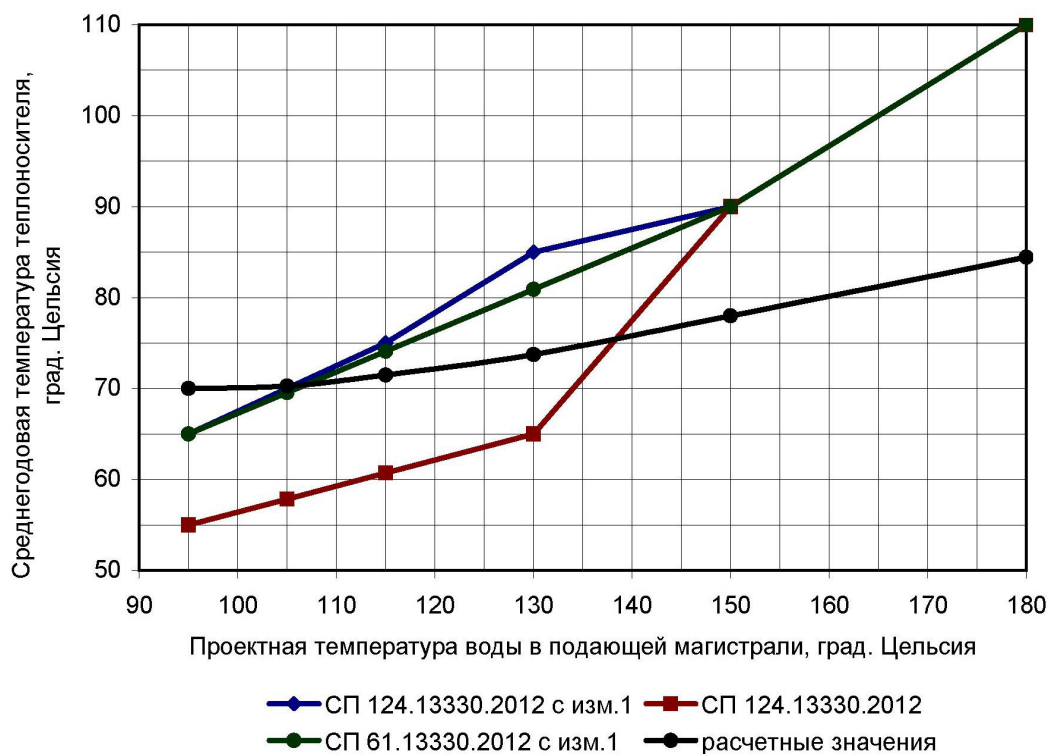


Рис. 2. Сравнение рекомендуемых и полученных расчетом значений среднегодовых температур

Из рис. 2 следует, что расчетные и рекомендуемые значения СП 61.13330.2012 (с изм. 1) и СП 61.13330.2012 (с изм.1) практически совпадают только при температурном графике 105/70. Прослеживается тенденция увеличения разницы температур при увеличении проектной температуры воды в подающей магистрали для диапазона температур проектных графиков 105–180. Максимальная разница составляет 25,6°С. Расчетные и рекомендуемые значения СП 61.13330.2012 (ред. 2012 г.) совпадают только при проектной температуре 138,36°С.

Для диапазона использования температурных графиков в современных условиях, не превышающих обычно 130 °С [10, 11], разница расчетных и рекомендуемых температур для рассматриваемой территории составляет 11,3 °С.

Зависимость среднегодового значения температуры воды  $\tau_{1cp,год}$  в подающей магистрали тепловой сети для рассматриваемого города от проектного температурного графика  $\tau_1$  может быть аппроксимировано выражением со средним значением абсолютной погрешности 0,38 %

$$\tau_{1cp,год} = 1,091 \cdot 10^{-3} \cdot \tau_1 (\tau_1 - 113,834) + 71,589$$

**Выводы.** На примере климатологических данных г. Тверь показано, что проектные значения среднегодовых температур воды в подающей магистрали тепловой сети могут су-

щественно отличаться от рекомендуемых нормативами. В рассмотренном примере максимальное расхождение составляет 26,5 °С, а в условиях реально используемых температурных графиков 11,3 °С. Получено уравнение для г. Тверь, позволяющее рассчитать среднегодовое значение температуры воды в подающей магистрали тепловой сети в интервале проектных температур 95–150 °С.

Использование рекомендуемых среднегодовых значений температур воды в подающей магистрали тепловой сети может привести к значительным ошибкам при проектировании и расчетах технико-экономических характеристик. Рекомендуется определять среднегодовые значения расчетом, учитывающим среднемесячные температуры теплоносителя в зависимости от среднемесячных значений температур наружного воздуха каждого месяца отопительного периода.

#### Библиографический список

1. Практическое применение энергосберегающих технологий: учебное пособие / Д. Н. Китаев, П. Новиковски, Э. В. Сазонов и др.; под общ. ред. В. Н. Семенова и Н. С. Попова. Тамбов: Изд-во Першина Р. В., 2014. – 193 с.
2. **Жутаева, Е. Н.** Оптимизация затрат предприятия (на примере исследования рынка теплоснабжения) / Е. Н. Жутаева, Т. Е. Давыдова, Т. Н. Дубровская // ФЭС: Финансы. Экономика. – 2017. – № 5. – С. 29–38.
3. **Воеводин, А. Г.** Анализ расчетов нормативных значений технологических потерь при передаче тепловой энергии по сетям систем теплоснабжения потребителей с целью снижения эксплуатационных затрат / А. Г. Воеводин // Транспортные системы. – 2016. – № 2. – С.31–41.
4. **Китаев, Д. Н.** Расчет температуры наружного воздуха в точке излома температурного графика / Д. Н. Китаев // Новости теплоснабжения. – 2012. – № 10 (146). – С. 46–48.
5. **Китаев, Д. Н.** Современные отопительные приборы и их показатели / Д. Н. Китаев // Сантехника, отопление, кондиционирование, энергосбережение. – 2014. – № 1. – С. 48–49.
6. **Melkumov, V. N.** Criteria of optimality and condition of the comparison of design solutions of systems of heat supply / V. N. Melkumov, K. A. Sklyarov, S. G. Tulskaaya, A. A. Chuikina // Russian Journal of Building Construction and Architecture. – 2018. – № 1 (37). – С. 18–28.
7. **Бадах, В. Ф.** Расчет нормативных потерь тепла через изоляцию трубопроводов тепловых сетей / В. Ф. Бадах, А. Д. Кузнецова // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2011. – №4 (18). – С.60–72.
8. **Басс, М. С.** Проблемы нормирования тепловых потерь в водяных тепловых сетях и котельных / М. С. Басс, А. А. Середкин, С. Г. Батухтин // Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов. XVIII Международная научно-практическая конференция. Отв. ред. А. В. Шапиева. – 2018. – С. 57–61.
9. **Мартыненко, Г. Н.** Перспективы развития системы гозоснабжения городского округа г. Воронеж на период 2035 г. / Г. Н. Мартыненко, Д. Н. Китаев // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2018. – № 3(51). – С. 11–21.
10. **Китаев, Д. Н.** Температурные графики тепловых сетей в условиях г. Воронеж / Д. Н. Китаев, И. Ю. Фильшина // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2019. – №1. – С. 78–83.
11. **Хисматуллин, Ш. Х.** О температурном графике работы тепловых сетей г. Казани / Ш. Х. Хисматуллин, У. Б. Учаров, В. П. Кашицын, С. А. Чулкова // Энергетика Татарстана. – 2011. – № 2(22). – С. 39–43.
12. **Шарапов, В. И.** Регулирование нагрузки систем теплоснабжения / В. И. Шарапов, П. В. Ротов // М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. – 164 с.
13. **Китаев, Д. Н.** Влияние отопительных приборов на регулирование тепловых сетей / Д. Н. Китаев // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2014. – № 4–2(17). – С. 49 – 55.
14. **Чудинов, Д. М.** Энергосберегающие мероприятия в многоквартирных жилых домах / Д. М. Чудинов, Т. В. Щукина, Н. А. Петрикеева, Н. М. Попова // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2019. – № 1. – С. 32–36.
15. **Щукина, Т. В.** Оценка прогнозируемого энергозамещения зданий с использованием систем солнечного тепло- и холодоснабжения / Т. В. Щукина, Д. М. Чудинов, В. В. Шичкин, И. А. Потехин, Р. А. Шепс // Строительство: новые технологии - новое оборудование. – 2018. – № 5. – С. 62–67.

*Для цитирования:* **Каплан, Л. В.** Анализ современных рекомендаций по проектным значениям среднегодовых температур теплоносителя в тепловых сетях / Л. В. Каплан, В. Д. Купновицкий, П. К. Хромов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2020. – № 3 (20). – С. 11–15.

УДК 621. 646

## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Е. С. Аралов, В. И. Менько, Т. С. Фирсов, С. А. Петров

*Воронежский государственный технический университет*

*Е. С. Аралов, аспирант кафедры теплоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: vgti.aralov@yandex.ru*

*В. И. Менько, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(910)245-17-99, e-mail: vladislavmonko@yandex.ru*

*Т. С. Фирсов, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(922)051-84-17, e-mail: firsov.t@mail.ru*

*С. А. Петров, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(952)551-79-10, e-mail: ser.petrov13@yandex.ru*

**Постановка задачи.** Одним из важнейших факторов, определяющих эксплуатационную надежность и экономичность работы газотранспортной сети, является трубопроводная арматура. Для безопасной работы газотранспортного комплекса большое значение имеет своевременное выявление дефектов деталей, правильное определение причин их возникновения и разработка эффективных профилактических мер по их устранению. Одной из основных проблем на сегодняшний день связанных с запорно-регулирующей арматурой является быстрый износ уплотняющего материала. Зачастую выход из строя арматуры связан именно из-за прохудившейся уплотняющей прокладки или же при ее повреждении вовремя длительный эксплуатации. В статье рассматриваются основные виды уплотняющих элементов и предъявляемые к ним требования для длительной и безаварийной работы.

**Результаты и выводы.** Результатом анализа будет являться обоснованный выбор уплотняющего материала, который будет использоваться при необходимом режиме эксплуатации, будь то бесперебойная перекачка природного газа под высоким давлением, либо кратковременная нагрузка на запорный агрегат. Также в статье проанализирован расчет усилия необходимого для затяга прокладки влияющий на целостность запорно-регулирующей арматуры в начальный период эксплуатации.

**Ключевые слова:** запорно-регулирующая арматура, газопровод, трубопроводная арматура.

**Введение.** Запорная арматура служит для включения и выключения отдельных участков газовой сети или всего трубопровода. Так же она должна гарантировать герметичность отключения, быстроту открытия и закрытия, удобство в обслуживании и малое гидравлическое сопротивление. Задвижки, краны, клапаны используются в качестве запорно-регулирующей арматуры на газопроводах.

Всю арматуру можно разделить на четыре класса в зависимости от их назначения [1]:

- I – запорная арматура – для включения и отключения отдельных участков или всего трубопровода. Обеспечивает высокую герметичность и низкое гидравлическое сопротивление при прохождении через него газа;
- II – регулирующая арматура – для изменения параметров жидкости, циркулирующей в трубопроводах. Регуляторы давления используются в качестве регулирующей арматуры;
- III – предохранительная арматура – для защиты от разрушения при повышении максимального рабочего давления среды. Включает предохранительные запорные и сбросные клапаны;

• IV – контрольная арматура – для контроля условий работы оборудования. Включает трехходовые клапаны, уровнемерные стекла.

Запорная арматура, используемая в газопроводах, должна быть рассчитана на достаточно агрессивную газовую среду и отвечать следующим основным требованиям [1]:

– поворотные краны и затворы – иметь ограничители поворота и указатели положения «Открыто – Закрыто»;

– задвижки с неподвижным шпинделем – указатели степени открытия;

– герметичность затвора (узла, состоящего из седла и плунжера и образующего проходное сечение) – соответствовать I классу;

– краны с  $D_y \leq 80$  мм иметь риску на шпинделе, указывающую направление прохода газа в пробке.

При отсутствии арматуры, специально предназначенной для газовых сред, разрешается использование арматуры общего назначения при условии выполнения дополнительных требований по притирке и испытанию затвора герметичность I класса [1].

Запорная арматура должна обеспечивать минимальное сопротивление проходу газа в открытом положении, особенно на газопроводах низкого давления, быстро открываться и закрываться, не требуя больших усилий при ручном управлении. Использование с этой целью дополнительных рычагов и других приспособлений недопустимо [1].

Запорная арматура должна использоваться только по прямому назначению, в частности, ее нельзя использовать в качестве регулирующей или дроссельной заслонки, а также в газопроводах, подверженных вибрации и транспортирующих газ с механическими примесями. На газопроводах низкого давления допускается использовать в качестве затворных устройств.

Вся арматура, используемая в газовой промышленности, стандартизирована. Каждое отдельно взятое изделие арматуры имеет шифр, состоящий из 4 частей: первая часть – вид арматуры, вторая – материал корпуса, третья – серийный номер изделия, четвертая – обозначение материала уплотнительных колец.

Под условным (номинальным) давлением понимается наибольшее избыточное давление при температуре среды  $20^\circ\text{C}$ , при котором гарантируется длительная работа арматуры и трубопроводных соединений.

Под пробным давлением следует понимать избыточное давление, при котором проводят гидравлическое испытание арматуры и деталей трубопровода на прочность и плотность водой при температуре не менее  $5^\circ\text{C}$  и не более  $70^\circ\text{C}$ , если в нормативно-технической документации конкретная температура не указана. Предельные отклонения пробного давления не должны превышать 5 %.

Стальная арматура имеет следующие условные обозначения материала корпуса: с – углеродистой, лс – легированной, нж – коррозионностойкой (нержавеющей); Б – из латуни, бронзы; ч – из чугуна – серого, кч – ковкого; из винипласта – вп; из пластмассы (кроме винипласта) – п.

По способу уплотнению корпуса арматура подразделяется на сальниковую и бессальниковую, а по способу присоединения – муфтовая и фланцевая.

По правилам Технического надзора корпус арматуры должен иметь четкую маркировку со следующей информацией:

– товарный знак предприятия изготовителя;

– условный проход;

– условное давление;

– направление потока среды.

На маховиках арматуры должно быть обозначено направления вращения при открывании и закрывании. По номинальному давлению арматуру разделяют: низкого давления 1 – 10, среднего давления 16 – 64, высокого давления 100 – 1000 кгс/см<sup>2</sup>.

Условный диаметр прохода – номинальный диаметр отверстия в арматуре или трубе. По действующим стандартам применяются следующие условные проходы, мм: 3, 6, 10, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 и т.д.

**1. Обзор частых причин отказов трубопроводной арматуры при транспортировке газа.** В целях контроля безопасной и надежной работы технологических газопроводов (трубопроводов) проводятся работы по обнаружению и ремонту установленной арматуры. Сводные данные по ремонтному фонду запорной трубопроводной арматуры в нефтяной и газовой промышленности, представленные на 2-ом межотраслевом семинаре «Прочность и надежность нефтегазового оборудования», приведены в таблице 1 [2].

Таблица 1

Сводные данные по ремонтному фонду запорной трубопроводной арматуры в нефтяной и газовой промышленности [2]

Условный проход DN, мм	Количество, шт	Количество арматуры требующей ремонта, шт/год	Количество арматуры ремонтируемой своими силами, шт/год	Количество арматуры ремонтируемой сторонними организациями, шт/год
До 50	106891	15051	14262	112
50–150	743743	33436	18176	6678
200–400	31403	5713	2967	1106
500–600	2402	665	272	278
800–1200	2026	393	192	103

В качестве основной эксплуатируемой запорной арматуры является арматура с условным проходом  $DN \leq 150$  мм, размер фонда реновации, который в среднем составляет около 6 %. Разница между количеством арматуры, подлежащей ремонту, и арматуры, отремонтированной собственными силами и третьими сторонами, представляет собой неремонтопригодные изделия. Средняя доля неремонтопригодных изделий в ремонтном фонде арматуры для этих номинальных проходов приближается к 20 %. При этом в диапазоне условных проходов от 50 до 150 мм (более 83 % эксплуатируемой арматуры) доля 4 неремонтопригодных изделий составляет более 25 %. Основные недостатки, выявленные в ходе проверок запорных арматуры [2]:

- протечки, связанные с наличием пор или трещин в материале корпусных частей арматуры;
- отсутствие герметичности в затворе арматуры;
- недостаточная герметичность манжет фланца и сальника, связанная с применением материалов, не соответствующих условиям эксплуатации.

Одной из основных причин отказов трубопроводной арматуры является отсутствие герметичности в затворе. Это приводит к нарушению нормальной работы оборудования или аварийным ситуациям. В результате могут возникнуть следующие последствия: большие экономические потери, повреждение оборудования, загрязнения окружающей среды и т.д.

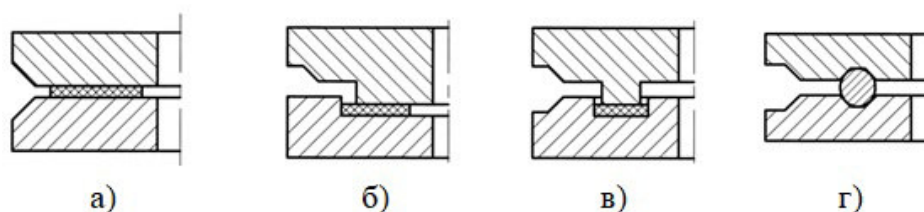
Потеря герметичности в затворе может возникнуть в результате [2]:

– конструктивные дефекты клапанов, проявляющиеся в нарушении взаимного расположения уплотнительных поверхностей затвора из-за недостаточной жесткости корпусных деталей;

- качество изготовления уплотнительных поверхностей деталей затвора и их сборки;
- абразивное или коррозионное повреждение деталей затвора;
- другие причины.

**2. Свойства прокладочных материалов, используемых для запорно-регулирующей арматуры.** Работа машин, устройств, трубопроводов связана с надежной герметизацией плоскостей, находящихся под воздействием различных сред и давлений. В качестве уплотнительных элементов используются разные типы прокладок.

По конструкции и материалу различают прокладки следующих типов: асбометаллические, неметаллические и комбинированные (металлический корпус в виде сетки и мягкая набивка), в уплотнении выступ-впадина, шип-паз, металлические восьмиугольного сечения и др. (рис. 1) [3].



**Рис. 1.** Конструкции уплотнительных поверхностей [3]:  
а – плоская; б – выступ-впадина; в – шип-паз; г – подшлифованное кольцо

Материал прокладок выбирают исходя из параметров (давление, температура) и химических свойств среды, действующих на прокладку (таблица 2) [3]

Таблица 2

Виды и характеристики часто используемых прокладочных материалов [3]

Материал и конструкция прокладки	Предельная температура		Рабочее давление МПа, при уплотнительной поверхности			Среда
	от	до	гладкой	выступ-впадина	шип-паз	
Резина техническая кислотощелочная КЩ	-30	+50	1,0	–	–	Вода, воздух, нейтральные солевые растворы, нейтральные газы и пары, НСО
Резина техническая маслобензостойкая МБ	-30	+50	1,0	–	–	Тяжёлые нефтепродукты, керосин, масла, бутанол

Окончание табл. 2

Материал и конструкция прокладки	Предельная температура		Рабочее давление МПа, при уплотнительной поверхности			Среда
	от	до	гладкой	выступ-впадина	шип-паз	
Резина техническая теплостойкая Т	–	+140	–	–	–	Водяной пар, нейтральный и инертный сухой газ
Паронит общего назначения ПОН	–35	+90 +250 +450	1,0 2,5 2,5	6,4 6,4	Вакуум 50 – 99 %	Воздух, вода, пар, нейтральный и инертный сухой газ
Паронит маслостойкий ПМБ	–40	+200 +300 +60 +150 +490	2,5 2,0 1,6 2,5 2,5	5,0 6,4	Вакуум 50...99 %	Светлые нефтепродукты, тяжёлые нефтепродукты, сжиженные углеводороды, кислород и азот, коксовый газ
Картон асбестовый	–15	+450	0,15	–	–	Жидкие и газообразные углеводороды (мазут, масла, смолы)
Фторопласт–4	–269	+250	–	–	2,5	Кислоты и щёлочи любой концентрации, растворители

**3. Расчет усилия необходимого для затяга прокладки.** Для работы прокладки характерны два периода. Первый период - перед подачей среды в трубопровод, когда уплотнение прижимается между уплотняющими поверхностями в месте его установки, так что на нем вдавлен рельеф уплотняющих поверхностей (рис.2) и материал прокладки перестанет пропускать среду через имеющиеся в нем поры, расслоения и неплотности. Усилие обжима в основном зависит от материала прокладки и поверхности обжатия. Второй период эксплуатации уплотнения начинается с момента попадания среды в трубопровод, в связи с чем на фланцевое соединение влияют колебания давления, температуры, удары и т.д. В этом случае предварительно обжатая прокладка обеспечивает плотность соединения за счет своей эластичности [4].

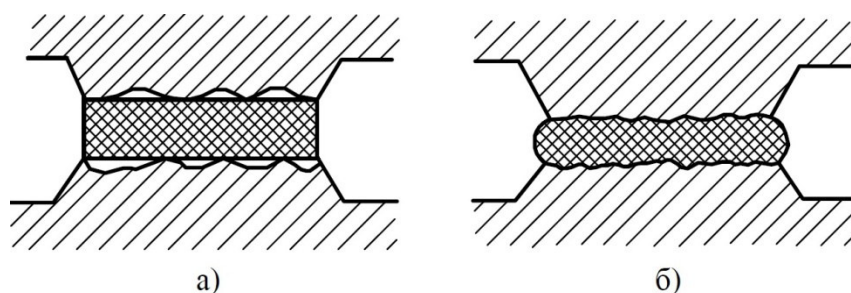


Рис. 2. Схема обжатия прокладки: а – до обжатия; б – после обжатия [4]

На характер работы прокладочного соединения в условиях эксплуатации значительное влияние оказывает и соотношение между упругостью прокладки, и упругость болтов и фланцев.

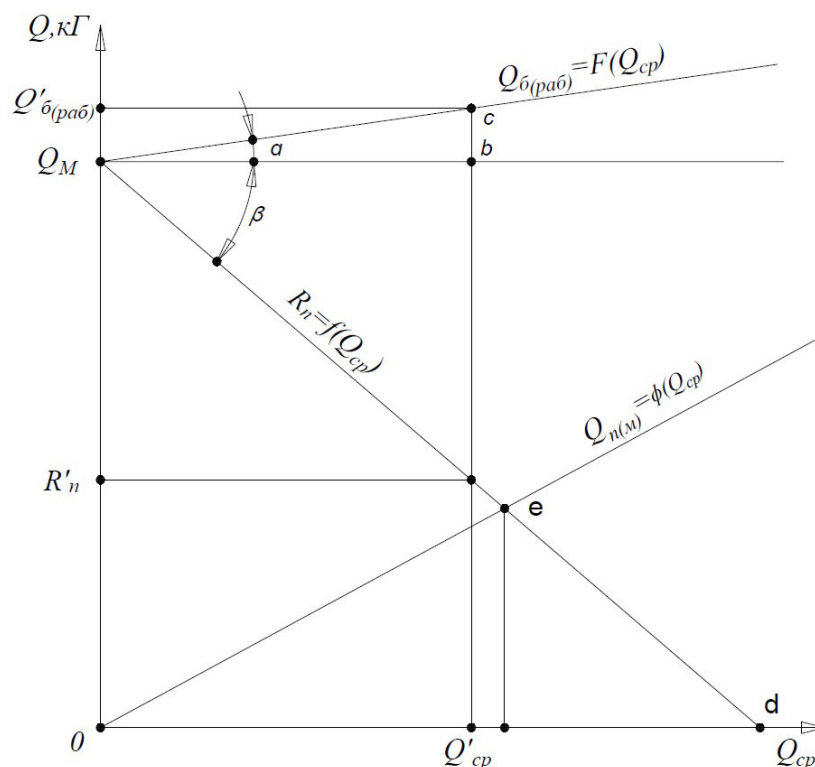


Рис. 3. График силового состояния фланцевого соединения [4]

Диаграмма состояния фланцевого соединения (рис. 3) дает возможность наглядно представить взаимное влияние сил от давления среды, затяга болтов и упругости прокладки фланцев и болтов.

На диаграмме  $Q_M$  — усилие, которое создается за счет предварительной затяжки фланцевого соединения перед попаданием среды и возникновения  $Q_{cp}$  — усилия от давления среды. Если бы усилие от давления среды  $Q_{cp}$  не оказывало влияния на усилие, действующее на болты  $Q_{\delta(раб)}$  и на реакцию прокладки  $R_n$ , то имело бы место равенство  $Q_n = Q_{\delta(раб)} = R_n = const$ . Однако в связи с влиянием упругости элементов фланцевого соединения — это равенство не сохраняется. С повышением давления среды реакция прокладки уменьшается, а зависимость изменения нагрузки на болты от суммарного действия давления среды и реакции прокладки имеет вид прямой, наклоненной под углом  $\alpha$  к линии  $Q_n = const$ . Реакция прокладки  $R_n$  с повышением давления уменьшается, а изменение реакции прокладки от действия давления среды имеет вид прямой, наклоненной под углом  $p$  к линии  $Q_n = const$ . При одинаковых горизонтальных и вертикальных масштабах и при весьма упругой прокладке  $\alpha = 45^\circ$ , а  $p = 0^\circ$ ; при очень жесткой прокладке, наоборот  $\alpha = 0^\circ$ , а  $p = 45^\circ$ . Расстояние по вертикали между точками этих наклонных линий равно  $Q_{cp}$ .

Задавшем определенным давлением среды  $P$  и отложив на оси абсцисс значение  $Q'_{cp}$ , соответствующее  $P$ , проводим вертикальную линию, которая при пересечении с наклонными

линиями дает значения фактической реакции прокладки  $R'_n$  и фактической нагрузки на болты  $Q'_{\sigma(\text{раб})}$  в рабочих условиях [4].

Обозначим  $\operatorname{tg} \alpha = \mu$ , тогда  $\operatorname{tg} \beta = 1 - \mu$ , так как

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{ab}{Q_{cp}} = \frac{ac - ab}{Q_{cp}} = \frac{Q_{cp} - \mu Q_{cp}}{Q_{cp}} = 1 - \mu. \quad (1)$$

Таким образом, нагрузка на болты в рабочих условиях равна

$$Q_{\sigma(\text{раб})} = Q_n + \mu Q_{cp}. \quad (2)$$

Реакция прокладки в рабочих условиях будет равна

$$R_n = Q_n - (1 - \mu) Q_{cp}. \quad (3)$$

Усилие предварительного затяга, необходимое для обеспечения прокладочного соединения, может быть определено по формуле:

$$Q_n = k Q_{cp}, \quad (4)$$

где  $k$  – коэффициент, показывающий, во сколько раз усилие затяга  $Q_n$ , должно быть больше  $Q_{cp}$ .

Этот метод, применявшийся ранее, не получил распространения, так как величина  $k$  должна учитывать влияние большого числа факторов: материал прокладки, ее размеры, давление среды и пр. Поэтому более результативным оказался метод расчета с применением формулы:

$$Q_n = Q_{cp} + Q_{упл}, \quad (5)$$

где  $Q_{упл}$  – усилие, на которое предварительный затяг  $Q_n$  должен превышать  $Q_{cp}$ , чтобы обеспечить плотность прокладочного соединения.

Усилие с учетом упругости элементов фланцевого соединения для рабочих условий, когда действует давление среды, определяется по формуле:

$$Q_n = R_n - (1 - \mu) Q_{cp}. \quad (6)$$

Реакция прокладки  $R_n$  должна иметь такую величину, которая обеспечила бы сохранение плотности прокладочного соединения. Это достигается созданием на площади прокладки достаточных удельных давлений на каждый квадратный сантиметр площади уплотняемого контура, либо достаточных усилий на один сантиметр периметра уплотняемого контура.

При малых удельных давлениях на прокладке эксперименты дают значительный разброс данных при общей тенденции повышения необходимых удельных давлений с повышением давления среды. При достижении критического удельного давления  $q_{кр}$  на прокладке дальнейшее повышение давления вызывает увеличение удельных давлений на прокладке пропорционально давлению среды. После обжатия прокладок с удельным давлением  $q_{кр}$  плотность соединения в последующих испытаниях может быть достигнута при более низких удельных давлениях, чем при первоначальной затяжке [4].

Опыт эксплуатации фланцевых соединений показал, что нельзя ограничиваться величиной удельных давлений на прокладке, полученных при экспериментах в лабораторных условиях. В процессе эксплуатации влияние на плотность соединения оказывают дополнительные факторы: снятие напряжений в болтах и прокладках, вибрации трубопровода, колебания температуры, изменение упругих свойств прокладки с течением времени и ряд других. Поэтому считается, что, несмотря на сжатие прокладки с определенной силой при затяжке соединения в процессе эксплуатации под действием давления среды на поверхность прокладки, необходимо поддерживать удельные давления, превышающие рабочее давление среды в определенное количество раз в зависимости от упругих свойств уплотнительного материала.

**Выводы.** Проанализировав всю вышеизложенную информацию можно сделать вывод, что сегодня существует два основных критерия условий обеспечения плотности. Первый критерий – удельное давление, которое должно быть создано, чтобы уплотнить рельеф кольцевого контура; величина этих давлений определяется главным образом пластическими свойствами материала прокладки. Второй критерий – удельное давление, которое должно быть сохранено на кольцевом контуре при определенных эксплуатационных условиях, после подачи давления среды, чтобы соединение сохранило плотность [5–10].

В соответствии с указанными выше критериями плотности прокладки можно разделить на упругие (резина, пластикат), мягкие (паронит, асбест) и жесткие (металл). Упругие прокладки характерны тем, что созданное в соединении усилие сохраняется длительное время, при этом подача давления среды практически не оказывает влияния на величину реакции прокладки. Усилие на болтах при этих прокладках в момент разуплотнения представляет собой сумму усилий от предварительного затяга и от давления среды.

#### Библиографический список

1. **ГОСТ 24856-2014** Арматура трубопроводная. Термины и определения. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 78 с.
2. **Белобородов, А. В.** Совершенствование методики проектирования запорной арматуры с использованием численных методов: автореферат дис. кандидата технических наук : 25.00.19 / Тюмен. гос. нефтегаз. ун-т. – Тюмень, 2005. – 23 с.
3. **Коптева, В. Б.** Фланцевые соединения: конструкции, размеры, расчёт на прочность: методические указания / сост. : В. Б. Коптева, А. А. Коптев. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 24 с.
4. **Гуревич, Д. Ф.** Расчет и конструирование трубопроводной арматуры: расчет трубопроводной арматуры. Изд. 5-е. – М. : Издательство ЛКИ, 2008. – 480 с.
5. **Тульская, С. Г.** Перспективы развития строительства морских трубопроводов и расчет допустимых напряжений деформаций / С. Г. Тульская, А. А. Харьковская, Е. С. Аралов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2018. – № 2 (11). – С. 56–62.
6. **Аралов, Е. С.** Анализ статистических данных по аварийности в системах газоснабжения / Е. С. Аралов, С. Г. Тульская, К. А. Скляр, Д. О. Бугаевский // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2019. – № 1 (14). – С. 9–14.
7. **Аралов, Е. С.** Влияние вредных факторов на организм человека в нефтяной и газовой промышленности / Е. С. Аралов, А. А. Лобачева, А. И. Ломанцова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2019. – № 4 (17). – С. 34–38.
8. **Кумицкий, Б. М.** Математическое моделирование холодного прессования листового композита / Б. М. Кумицкий, Н. А. Саврасова, В. Н. Мелькумов, Е. С. Аралов // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2020. – № 1 (57). – С. 42–50.
9. **Тульская, С. Г.** Экологические проблемы загрязнения окружающей среды нефтепродуктами в ходе разлива из резервуаров / С. Г. Тульская, К. А. Скляр, А. А. Харьковская // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2016. – № 4 (5). – С. 45–51.
10. **Колосов, А. И.** Математическая модель потокораспределения при изотермическом течении вязкого газа / А. И. Колосов, М. Я. Панов, К. В. Зубарев, А. А. Свиридов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2015. – № 4 (40). – С. 34–41.

*Для цитирования:* **Аралов, Е. С.** Анализ особенностей запорно-регулирующей арматуры газотранспортной сети / Е. С. Аралов, В. И. Менько, Т. С. Фирсов, С. А. Петров // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2020. – № 3 (20). – С. 16–23.

УДК 697.7

**ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА В СВЕТЛЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЯХ**

Н.О. Ермаков, С.В. Чуйкин

*Воронежский государственный технический университет**Н. О. Ермаков, аспирант кафедры теплогасоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)212-65-16, e-mail: nikita1594@mail.ru**С. В. Чуйкин, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогасоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

**Постановка задачи.** В последние годы широко применяется автономное (децентрализованное) теплоснабжение от источников, расположенных вблизи объектов теплоснабжения. Однако автономные системы с промежуточным теплоносителем имеют ряд недостатков. Самым выгодной системой отопления для сельскохозяйственной сферы является газовое лучистый обогрев. Светлые излучатели при работе на природном газе имеют КПД 92 %. Для уменьшения финансовых затрат, предложено использовать биогаз. Но при переходе типовых светлых излучателей на биогаз, возникают ряд проблем, которые необходимо решить.

**Результаты и выводы.** Применение светлых излучателей на биогазе сдерживается тем, что нормативная база для расчёта и проектирования систем отсутствует или не соответствует современному техническому уровню, а также конструкция требует доработки. Необходимо провести экспериментальные и теоретические исследования для определения оптимальных условий сжигания газа и обеспечения требуемых санитарно-гигиенических показателей в отапливаемых помещениях.

**Ключевые слова:** биогаз, сельскохозяйственная сфера, инфракрасные излучатели, светлые излучатели, теплота сгорания, загрязнённый воздух, коррозия, угарный газ.

**Введение.** На сегодняшний день в большинстве стран, назрел энергетический кризис, который вызвал огромный рост цены на нефть и другие традиционные источники энергии. Создавшаяся ситуация дала начало развитию нетрадиционных источников энергии - солнечные, ветровые, геотермальные. Использование энергии солнца, которая храниться в биомассе, полученная в процессе фотосинтеза растений, можно применить для выработки жидкого и газообразного топлива

Компоненты, которые содержатся в органических остатках и отходах сельскохозяйственного производства, а именно, экскременты животных и растительные материалы, имеют очень большой энергетический потенциал, благодаря высокой теплоте сгорания, могут быть использованы разными способами. Доля биогаза в энергопотреблении разных стран колеблется в широких пределах. Если в России она еще совсем невелика, то в некоторых странах биогаз служит основным источников энергии для отопления зданий и приготовлении пищи.

Сравнивая биогаз и природный газ при одинаковых условиях, можно сказать, что ведут они себя одинаково, но биогаз имеет худшие показатели. Наиболее рациональное использование биогаза можно реализовать в сельскохозяйственной сфере. Чтобы достичь существенного снижения энергетических затрат, надо стремиться к максимальному уменьшению расстояния между животными и установкой по производству биогаза, а также применению эффективных источников выделения тепла.

В технологических операциях главных отраслей сельскохозяйственной сферы, как птицеводство и животноводство, использование инфракрасных отопителей повышает продуктив-

вность. Излучатели светлого типа более перспективны для местного обогрева курятников и конюшен. Оказывая не только тепловое воздействие, но и благотворно влияет на организм животных, успокаивая нервную систему и повышая аппетит. Инфракрасное излучение способствует к скапливанию значительного количества ферментных частиц крови, что приводит к улучшению обмена в тканях и повышению продуктов окисления.

Все оборудование, подлежит обязательной приемке контролирующими органами, включая светлые излучатели, которые для работы на биогазе, нужно приспособить. Биогаз с теплотой сгорания 22 МДж/м<sup>3</sup> и числом Воббе около 24,5 МДж/м<sup>3</sup>, которое служит для сравнения взаимозаменяемости газов, вероятнее всего подходит к газовой смеси, состоящей из 83 % метана и 17 % инертного N<sub>2</sub>, поскольку природный газ с теплотой сгорания 40,98 МДж/м<sup>3</sup> имеет нижнее значение числа Воббе 54,76 МДж/м<sup>3</sup>.

Число Воббе для природного газа:

$$W_H = \frac{Q_H}{\sqrt{\frac{\rho}{\rho_B}}}, \quad (1)$$

$$W_H = \frac{35128}{\sqrt{\frac{0,723}{1,293}}} = 54,76 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3}.$$

Число Воббе для биогаза:

$$W_H = \frac{23697,4}{\sqrt{\frac{1,130}{1,293}}} = 24,5 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3},$$

где  $Q_H$  – низшая теплота сгорания, кДж/м<sup>3</sup>;  $\rho$  – плотность газов, входящих в газообразное топливо, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_B$  – плотность воздуха, при нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>.

Газы с одинаковым значением могут использоваться, без конструктивных изменений в оборудовании. Исходя из этого, можно сказать, что светлые излучатели, рассчитанные для применения природного газа, маленького пламени и высокой скорости горения, работать на биогазе не будут, только заменой форсунки и керамической панели, можно обеспечить эксплуатацию горелки.

Как показывает практика, работать на газе низкого и среднего давления любой теплоты сгорания, горелки инфракрасного излучения сможет, если

$$\Delta P_{ГВ.С} \geq \sum \Delta P_{Г}, \quad (2)$$

где  $\Delta P_{ГВ.С}$  – входное давление, кПа;  $\Delta P_{Г}$  – суммарные потери давление, на преодоление сопротивления по всей горелке.

Суммарные потери давления в горелке складываются из потерь энергии в всасывающей камере  $\Delta P_{В.К}$ , в инжекторе  $\Delta P_{ИНЖ}$  и излучающей панели  $\Delta P_{ИЗЛ.П}$ .

$$\sum \Delta P_{Г} = \Delta P_{В.К} + \Delta P_{ИНЖ} + \Delta P_{ИЗЛ.П}. \quad (3)$$

Плотность газовой смеси определяется по формуле

$$\rho = \frac{\rho_G \cdot m \cdot \rho_B}{1 + m}, \quad (4)$$

где  $\rho_G$  – плотность биогазовой смеси, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_B$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $m$  – отношение расхода воздуха к расходу газа.

При  $Re = \frac{v_{см} \cdot \delta_{CP}}{\nu} \leq 400$ .

То значение коэффициента гидравлического сопротивления определяется по формуле

$$\xi = K_{Re} \cdot \xi_1, \quad (5)$$

где  $K_{Re}$  – коэффициент, учитывающий воздействие характера движения вещества на потери давления, определяемый по методическим рекомендациям;

$$\xi_1 = \frac{2\Delta_p}{v_{см}^2 \cdot \rho} = K_0(1-f) \left( \frac{1}{f} - 1 \right)^2, \quad (6)$$

где  $K_0$  – 1,3 для сеток в эксплуатации или 1,0 – для не эксплуатируемых сеток;  $f$  – коэффициент живого сечения сетки

$$f = \frac{F_0}{F_c}, \quad (7)$$

где  $F_0$  – площадь полезного сечения сетки, м<sup>2</sup>;  $F_c$  – общая площадь сетки, м<sup>2</sup>.

Если суммарные потери давления не превышают входное давление, значит работа рассчитанной горелки будет возможна.

Состав биогаза и его количество, при полном разложении биомассы зависит от температуры брожения и соотношения С:Н:О:Н в исходном материале. Входящие в состав органического вещества важнейшие соединения, жиры обеспечивают максимальный выход газа с высоким содержанием СН<sub>4</sub>, белковые вещества – меньшей, но тоже с высоким содержанием СН<sub>4</sub>, а углеводы – мало с минимальным содержанием СН<sub>4</sub>. Средний состав газа (таблица), который можно выделить из экскрементов животных при нужной температуре брожения в 35 °С соответствует соотношению СН<sub>4</sub>/СО<sub>2</sub> = 2. Биогаз так же содержит N<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub> и Н<sub>2</sub>S.

Таблица

Состав биогаза

Характеристика	Компоненты биогаза				Базовая смесь (60% СН <sub>4</sub> + 40%СО <sub>2</sub> )
	СН <sub>4</sub>	СО <sub>2</sub>	Н <sub>2</sub>	Н <sub>2</sub> S	
Объемная доля, %	55-70	27-44	<1	<3	100
Объемная теплота сгорания, МДж/м <sup>3</sup>	35,8	-	10,8	22,8	22

Окончание табл.

Характеристика	Компоненты биогаза				Базовая смесь (60 % CH <sub>4</sub> + 40 % CO <sub>2</sub> )
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	
Предел воспламеняемости, %	5-15	-	4-80	4-45	6-12
Температура воспламенения, °С	65-750	-	585	-	650-750
Критическое давление, МПа	4,7	7,5	1,3	8,9	7,5-8,9
Критическая $t$ , °С	-82,5	31,0	-	100,0	-2,5
Нормальная плотность, г/л	0,72	1,93	0,09	1,54	1,2
Критическая плотность, г/л	102	468	31	349	320
Плотность относительно воздуха	0,3	2,5	0,7	1,2	0,83

Средняя теплота сгорания биогаза, при содержании около 60 % метана, равна 22 МДж/м<sup>3</sup>. Биогаз можно отнести к природным газам, так как его горючая часть состоит из метана. Из-за значительной доли CO<sub>2</sub>, низкая скорость распространения пламени в метано-воздушной смеси характерная для природного газа, снижается еще больше. Для оценки эффективности использования топлива и определения необходимых конструктивных изменений в типовом светлом излучателе нужно составить тепловой баланс

$$Q_{\text{общ.}} = Q_{\text{И}} + Q_{\text{УХ}} + Q_{\text{П}}, \quad (8)$$

где  $Q_{\text{общ.}}$  – общая тепловая нагрузка горелки, кВт;  $Q_{\text{И}}$  – излучаемое тепло, кВт;  $Q_{\text{УХ}}$  – тепло, уносимое продуктами сгорания, кВт;  $Q_{\text{П}}$  – потери тепла конструкцией горелки, кВт;

Общая тепловая нагрузка горелки подсчитывается по формуле

$$Q_{\text{общ.}} = V_{\text{Г}} \cdot Q_{\text{Г}}, \quad (9)$$

где  $V_{\text{Г}}$  – расход газа, м<sup>3</sup>/ч;  $Q_{\text{Г}}$  – низшая теплота сгорания газа, МДж/м<sup>3</sup>.

Излучаемое тепло горелки складывается из тепла, излучаемого перегородками керамических плиток, поверхностью каналов, уходящими газами, стальной сеткой и корпусом горелки. Конвективные потери тепла горелкой складываются из потерь тепла корпусом горелки и потерь тепла с уходящими газами. Энергия, излучаемая с 1 м<sup>2</sup> поверхности насадки горелки с сеткой без рефлектора:

$$q_{\text{И}} = q_1 + q_2 + q_3 - q_4, \quad (10)$$

где  $q_1, q_2, q_3, q_4$  – удельные потоки излучения, кВт/м<sup>2</sup>, соответственно: от излучающей насадки, от вторичного излучателя – сетки, от уходящих газов.

На основании балансового уравнения:

$$q_{\text{общ}} = q_{\text{И}} + q_{\text{УХ}} + \left( \frac{Q_{\text{к.корм}}}{F_0} \right) + \left( \frac{Q_{\text{и.корм}}}{F_0} \right), \quad (11)$$

Тогда лучистый КПД составит:

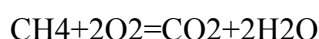
$$\eta_{\text{л}} = \frac{q_{\text{И}}}{q_{\text{общ}}}. \quad (12)$$

КПД излучателя тесно связана с теплотой сгорания, конструкцией излучающей поверхности, а так же газогорелочного оборудования.

Незначительные количества  $\text{H}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ , никак не влияют на объемную теплоту сгорания  $Q_{\text{в}}$ , которая в основном определяется содержанием  $\text{CH}_4$ . Так же и температура воспламенения зависит от количества метана. Разность в плотности отдельных компонентов биогаза, необходимо учитывать при использовании. Образование в нижних слоях воздуха  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ , из-за плохо вентилируемых помещений, может привести к возникновению угрозе жизни и здоровья людей. Кроме того, скопление  $\text{CH}_4$  связано с опасностью взрыва.

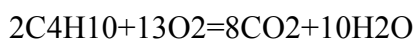
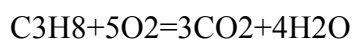
Самым важным критерием для использования светлых излучателей это отсутствие угарного газа ( $\text{CO}$ ) в продуктах сгорания.

При недостатке воздуха происходит неполное сгорание углерода, часть его образует оксид углерода или угарный газ, при этом происходят значительные потери тепла. Для обеспечения полного сгорания топлива нужно подобрать оптимальную пропорцию газозвушной смеси и скорости потока газа. Оптимальная смесь – это смесь, где количество окислителя соответствует количеству восстановителя, так что в реакции не остается ничего. Восстановителем является метан, содержащийся в биогазе. А окислителем кислород, содержащийся в воздухе. Значительное содержание  $\text{CO}_2$  в биогазе влияет на количество необходимого воздуха для полного сгорания топлива. Реакция сгорания метана:



На одну молекулу метана приходится 2 молекулы кислорода. Так как, молярный объем у всех газов одинаков, то на один объем метана должно приходиться два объема кислорода. В воздухе присутствует 21 % кислорода. Следовательно, на один объем природного газа приходится 10 объемов воздуха.

Реакция сгорания пропана и бутана:



То есть, для сжигания одного объема пропана нужно 25 объемов воздуха или пять объемов кислорода, а для одного объема бутана – шесть с половиной объемов кислорода или 32,5 объемов воздуха.

Обычно в биогазе 60 % метана. Для сжигания одного объема биогаза необходимо 6 объемов воздуха. Исходя из этого, для сгорания 1 м<sup>3</sup> биогаза в среднем требуется в полтора раза меньше воздуха, чем для сгорания природного газа. Скорость потока газа задается давлением газа на входе и диаметром отверстия форсунки для подачи газа или установкой организованной подачи воздуха. Так как светлый излучатель будет установлен в помещении для

содержания животных, с сильно загрязнённым воздухом, который будет не только изменять оптимальный состав газовой смеси, но и забивать отверстия керамической панели, целесообразно установить систему очистки забираемого воздуха.

При подготовке биогаза к использованию, нужно предотвратить коррозию, вызванную остаточными продуктами сгорания, в частности  $H_2S$  (сероводород). Каталитическим методом, можно удалить сероводород, с использованием катализатора  $Fe(OH)_3$ :



Регенерация массы в присутствии воздуха:



Катализатор обогащается серой, что при регенерации высвобождается значительное количество теплоты, которое может привести к воспламенению сильно обогащенной серой массы. Нормальный расход катализатора при содержании серы 0,1-2,0 г. в  $1 \text{ м}^3$  биогаза, составляет 110-120 г. на  $100 \text{ м}^3$  суточной газовой продукции. Небольшие частые фермы, предполагают установки небольшой производительностью с простой коммутацией, и большими затратами ручного труда.

**Вывод.** Газогорелочное устройство светлого излучателя, требует конструктивных изменений для работы на биогазе. Необходимо обеспечить, нужную скорость потока газа и оптимальную пропорцию газовой смеси, учитывая, что характеристики биогаза зависят от исходного материала. Поэтому, только глубокое исследование и опыты по применению биогаза в светлых излучателях могут дать информацию о необходимых изменениях для обеспечения КПД.

#### Библиографический список

1. **Богомолов, А. И.** Газовые горелки инфракрасного излучения и их применение / А. И. Богомолов, Д. Я. Вигдорчик, М. А. Маевский – М. : Литературы по строительству, 1967. – 254 с.
2. **Баадер, В.** Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – М. : Колос, 1982. – 148 с.
3. **Гудаков, Н. И.** Система коммерческого учета расхода газа частными потребителями с использованием новейших технологий / Н. И. Гудаков, С. А. Рогачёва, И. А. Здобников, Г. Н. Мартыненко // В сборнике: Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения. труды 21-й научно-технической конференции. – 2019. – С. 63–66.
4. **Мартыненко, Г. Н.** Перспективы развития системы газоснабжения городского округа г. Воронеж на период до 2035 г. / Г. Н. Мартыненко, Д. Н. Китаев // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2018. – № 3(51). – С.11–21.
5. **Тульская, С. Г.** Ресурсосберегающие технологии биогазовых установок при переработке отходов сельского хозяйства / С. Г. Тульская, К. Г. Мозговая // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2016. – № 1 (2). – С. 21–27.
6. **Базыкин, Д. А.** Современные проблемы внедрения биогазовых и пиролизных установок в Российской Федерации / Д. А. Базыкин, Г. Н. Мартыненко, В. И. Лукьяненко // В сборнике: Энергетики и металлурги настоящего и будущему России. Материалы 17-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и специалистов. Под общей редакцией Е.Б. Агапитова. –2016. – С. 99–101.
7. **Прокопенко, А. А.** Аспекты экономического расходования ресурсов на примере применяемых биогазовых установок / А. А. Прокопенко, А. В. Козлов, Г. Н. Мартыненко // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2016. – № 1 (2). – С. 9–15.

Для цитирования: **Ермаков, Н. О.** Проблемы использования биогаза в светлых излучателях/ Н. О. Ермаков, С. В. Чуйкин // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2020. – № 3 (20). – С. 24–29.

## ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 697.34

### РАСШИРЕННЫЕ ОБЯЗАННОСТИ ИНЖЕНЕРА ПТО ОРГАНИЗАЦИИ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕЙ ГОРОДСКИЕ ЭНЕРГОСЕТИ

Д. Ю. Шафеев, В. И. Лукьяненко, Г. Н. Мартыненко

*Воронежский государственный технический университет*

*Д.Ю. Шафеев, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (960) 108-92-13, e-mail: dshafeev@yandex.ru*

*В.И. Лукьяненко, канд. техн. наук, доц. кафедры теоретической и промышленной теплоэнергетики,*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (920)438-09-01, e-mail: lukyanenko1@yandex.ru*

*Г.Н. Мартыненко, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела,*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (900)304-62-51, e-mail: glen2009@mail.ru*

**Постановка задачи.** В процессе эксплуатации городских энергетических сетей, к примеру, сетей газораспределения должны выполняться работы по содержанию газопроводов и сооружений на них в надлежащем техническом состоянии, среди которых: мониторинг технического состояния, включая проверку состояния охраняемых зон, технический осмотр, техническое обследование, оценку технического состояния, техническое диагностирование, техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты. Необходимо знать с какой периодичностью выполняются данные работы, их объем и сроки выполнения. В эксплуатирующей организации этими вопросами занимается производственно-технический отдел (ПТО).

**Результаты.** В данной статье рассмотрены расширенные обязанности инженера ПТО, отвечающего в эксплуатирующей организации за вопросы ремонта либо замены сетей. На каком основании принимается решение о проведении текущего, либо капитального ремонта сетей, какие документы оформляются при этом.

**Вывод.** Деятельность инженера ПТО по определению необходимости проведения текущего и капитального ремонта газораспределительных сетей, оформлению необходимой документации способствует безаварийному снабжению потребителей энергоносителями, помогает продлить срок эксплуатации газораспределительной сети.

**Ключевые слова:** газораспределительные сети, текущий ремонт, капитальный ремонт, дефектная ведомость.

**Введение.** Организационно-управленческие структуры и кадровый состав эксплуатационных организаций должны формироваться в зависимости от состава и объема работ по эксплуатации объектов сетей газораспределения, выполняемых собственными силами. В эксплуатационных организациях должны быть разработаны и утверждены руководителем организации: положения о структурных подразделениях (филиалах, службах, отделах) организации, должностные инструкции, устанавливающие обязанности, права и ответственность руководителей, инструкции по охране труда для работников, перечень инструкций по охране труда для конкретных профессий (должностей) и видов работ. В эксплуатационных организациях должны быть разработаны и утверждены техническим руководителем организации производственные (технологические) инструкции, устанавливающие последовательность выполнения технологических операций при производстве работ, методы и объемы проверки

качества работ и условия обеспечения их безопасного проведения [1–10]. Примерная структура эксплуатирующей организации представлена на рис. 1.

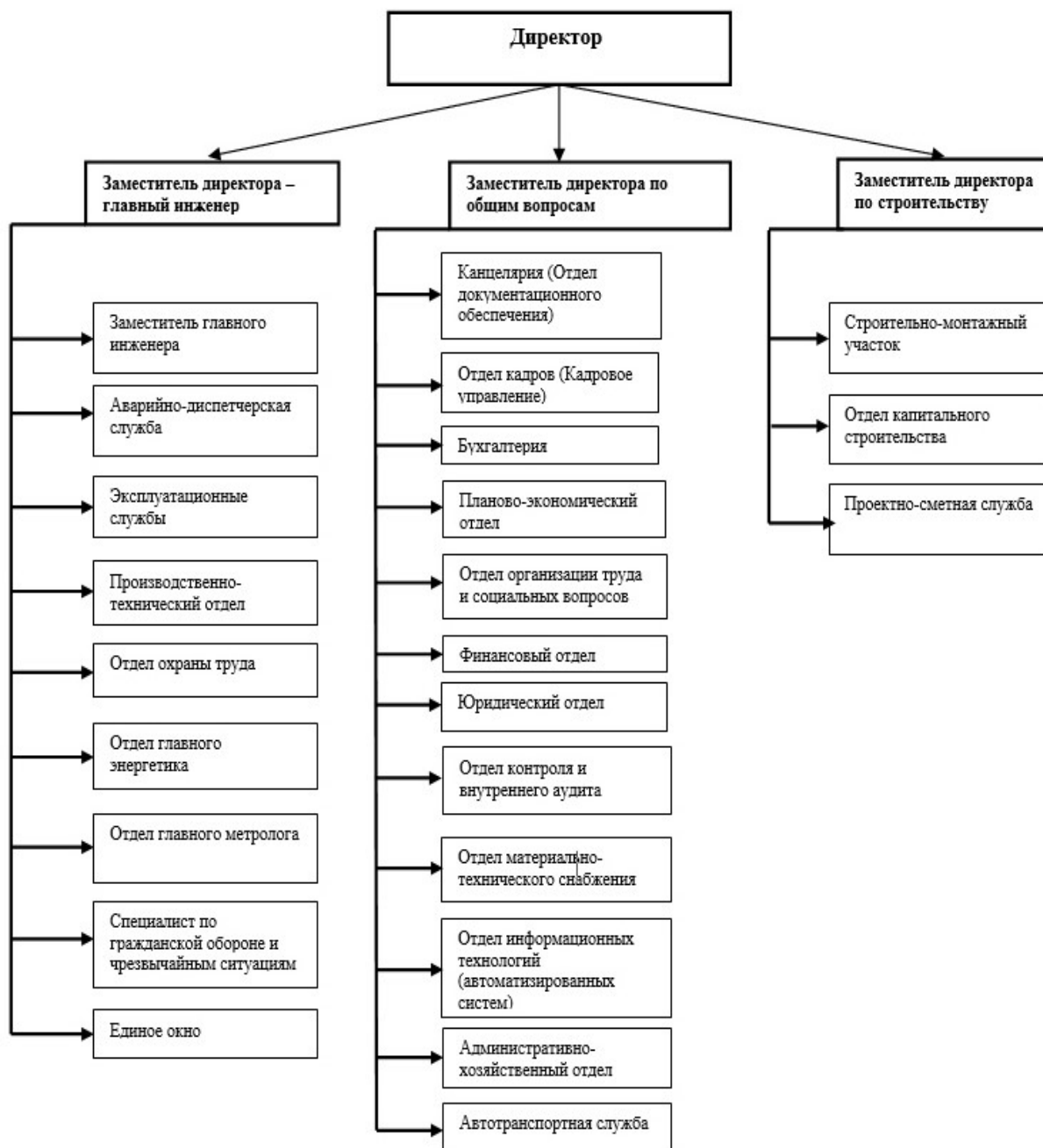


Рис. 1. Структура организации, эксплуатирующей энергосети

ПТО зачастую является ведущим отделом в эксплуатирующей организации и занимается широким кругом производственных вопросов, в том числе подготовкой и документационным обеспечением ремонта сетей, включая списание материалов, затраченных на проведение ремонта сетей. Производственная деятельность ПТО определяется Положением об отделе. Инженер ПТО работает со многими документами: проектами, сметами, дефектными ведомостями, актами выполненных работ, иной технической документацией.

**1. Должностные обязанности инженера ПТО эксплуатирующей организации.**

Инженер ПТО в своей работе обязан руководствоваться:

- законами и иными нормативно-правовыми актами Российской Федерации;
- уставом и локальными нормативными актами своей организации (коллективным договором, приказами, распоряжениями, положениями, инструкциями и др.);
- решениями органов государственного и ведомственного надзора;
- Положением о ПТО;
- своей должностной инструкцией;
- планами капитального и текущего ремонта объектов сетей газораспределения и газопотребления эксплуатируемыми организацией;
- планами строительства, реконструкции и технического перевооружения газораспределительных сетей;
- долгосрочными планами и программами развития, направленными на улучшение систем энергоснабжения потребителей.

Инженер ПТО назначается на должность и увольняется приказом директора по представлению начальника ПТО, согласованному с заместителем генерального директора - главным инженером, подчиняется начальнику ПТО и непосредственно заместителю начальника ПТО. На должность ведущего инженера ПТО назначается лицо, имеющее высшее техническое образование – бакалавриат и дополнительное профессиональное образование по программе повышения квалификации либо профессиональной переподготовки. Требования к опыту работы при наличии высшего технического образования в области, соответствующей направлению деятельности не предъявляются. Перед допуском к работе ведущий инженер ПТО должен пройти аттестацию в области промышленной безопасности и проверку знаний требований охраны труда. Оценку качества и своевременности исполнения должностных обязанностей инженера ПТО производит генеральный директор, заместитель генерального директора - главный инженер, начальник ПТО и заместитель начальника ПТО.

Инженер ПТО по направлению деятельности – текущий и капитальный ремонт энергосетей должен знать: нормативные акты, регулирующие эксплуатационную деятельность, технические условия, строительные нормы и правила, документы по эксплуатации (ГОСТы, СНИПы и т.д), технологические схемы, нормы расхода и номенклатуру материалов, инструментов, также нормы затрат труда, проектно-сметную документацию, дефектные ведомости, акты на списание материалов (М-29), планы производства работ.

Непосредственно обязанности инженера ПТО следующие:

- составлять перспективные и годовые планы текущего и капитального ремонтов объектов газораспределительной (либо иной) энергосети, находящейся в эксплуатации организации;
- участвовать в комиссиях по разработке планов капитального и текущего ремонта оборудования, эксплуатируемого на энергообъектах, а также по отбору объектов для данных программ;
- осуществлять сбор дефектных ведомостей на объекты, подлежащие капитальному и текущему ремонту (технические устройства, здания и сооружения распределительной сети и т. д.), а также контроль за правильностью составления смет (калькуляций) и актов выполненных работ;
- осуществлять выборочный контроль за качеством выполнения работ по капитальному и текущему ремонту;
- определять потребность, необходимого оборудования, механизмов, приборов, запчастей по количеству и номенклатуре;
- готовить заявки, на обеспечение материально-техническими ресурсами;

– контролировать обеспеченность эксплуатационных подразделений материалами, запасными частями, принимать решения (рекомендации) по укомплектованности их всем необходимым;

– совместно с другими отделами осуществлять входной контроль поступающего оборудования, инструментов, материалов, приборов для выполнения работ по капитальному и текущему ремонту.

**2. Работы, выполняемые при эксплуатации сетей газораспределения.** Эксплуатация объектов сетей газораспределения должна осуществляться газораспределительными (ГРО) или другими эксплуатационными организациями, оказывающими услуги по их техническому обслуживанию и ремонту.

При технической эксплуатации сетей газораспределения должны выполняться следующие виды работ:

– ввод в эксплуатацию законченных строительством газопроводов, пунктов редуцирования газа (далее – ПРГ), средств электрохимической защиты от коррозии стальных подземных газопроводов (средств ЭХЗ), средств автоматизированной системы управления технологическим процессом;

– мониторинг технического состояния газопроводов и ПРГ, включая проверку состояния охранных зон, технический осмотр, техническое обследование, оценку технического состояния, техническое диагностирование;

– техническое обслуживание газопроводов, ПРГ, средств ЭХЗ и АСУ ТП;

– текущий и капитальный ремонты газопроводов, пунктов редуцирования газа, средств ЭХЗ и АСУ ТП.

Регламентные работы по эксплуатации сети газораспределения должны выполняться по графикам, утвержденным техническим руководителем эксплуатационной организации (филиала эксплуатационной организации). Графики выполнения регламентных работ по техническому осмотру газопроводов и пунктов редуцирования газа, а также работ по контролю интенсивности запаха газа в конечных точках сети газораспределения должны ежегодно корректироваться по результатам работ, выполненных в предыдущий период. Работы по капитальному ремонту газопроводов, пунктов редуцирования газа, средств ЭХЗ и АСУ ТП должны выполняться по планам, утвержденным техническим руководителем эксплуатационной организации. Планы и графики выполнения работ, предусмотренных договорами оказания услуг по техническому обслуживанию и ремонту объектов сетей газораспределения, должны быть согласованы с организациями-заказчиками. Перспективное (среднесрочное и долгосрочное) планирование работ по эксплуатации объектов сети газораспределения и горизонт планирования определяются эксплуатационной организацией самостоятельно с учетом требований настоящего стандарта и федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности [1, 2, 3].

Сведения о проведенных капитальных ремонтах, а также работах по их консервации (расконсервации) и ликвидации в процессе эксплуатации газопроводов, пунктов редуцирования газа и средств ЭХЗ должны быть оформлены записями в эксплуатационных паспортах. Результаты работ по оценке технического состояния и техническому диагностированию пунктов редуцирования газа должны оформляться записями в эксплуатационных паспортах. Результаты работ по техническому обследованию, оценке технического состояния и техническому диагностированию подземных газопроводов должны оформляться записями в эксплуатационных паспортах [1]. Работа по текущему и капитальному ремонту происходит следующим образом: при проведении мониторинга технического состояния или технического обслуживания выявляется дефект газораспределительных сетей – например – осыпавшаяся краска, провисшие кронштейны и крепления, отсутствие изоляции (в гильзе газопровода) и т.д. Дефект выявляют слесари-обходчики и докладывают своему непосредственному руководителю. На основании этого факта утвержденная приказом по организации комиссия вы-

езжает на объект, на котором выявлен дефект для обследования. Если комиссия приходит к выводу, что выявленный дефект подлежит ремонту – текущему или капитальному – составляется дефектная ведомость (рис. 2) и смета.

Формы указанных документов разрабатываются эксплуатационной организацией. В соответствии с Федеральным законом от 6 декабря 2011 г. № 402-ФЗ «О бухгалтерском учете» факт эксплуатационной деятельности оформляется первичным учетным документом. И этот документ должен быть составлен при совершении факта эксплуатационной деятельности, а если это не представляется возможным – непосредственно после его окончания [5]. На сегодня нет унифицированного образца дефектной ведомости, обязательного к применению, поэтому составляться она может по шаблону, разработанному внутри предприятия (организации) и утвержденному в учетной политике фирмы или в свободной форме. Тем не менее, есть ряд значений, которые отразить в ней необходимо - название организации, дата и номер составления ведомости, всё, что касается самого объекта. К параметрам последнего относится его наименование (оно должно совпадать с тем названием, под которым объект числится на балансе предприятия), выявленные дефекты или поломки, желательно с указанием причин их появления – это входит в компетенцию обслуживающего специалиста, а также работы, которые требуется провести для их устранения. Данный раздел ведомости должен быть оформлен в виде таблицы.

номер документа	дата составления

#### Акт о выявленных дефектах

Наименование объекта основных средств, требующего текущего (капитального) ремонта, инвентарный номер \_\_\_\_\_

При осуществлении контроля за техническим состоянием вышеуказанного объекта основных средств – *надземного газопровода среднего давления* – комиссией, назначенной Приказом \_\_\_\_\_  
(указать дату и номер Приказа по организации)

в составе \_\_\_\_\_  
(указать Ф.И.О. членов комиссии)

обнаружены следующие дефекты:

Вид дефекта	Наименование запасных частей, узлов и агрегатов, подлежащих замене	Единица измерения	Количество	Предлагаемое применение запасных частей, узлов и агрегатов
Износ лакокрасочного покрытия	Поверхность надземного газопровода среднего давления	М2	2,5	

Для устранения выявленных дефектов необходимо: Выполнить окраску надземного газопровода среднего давления

Комиссия в составе:

Председатель комиссии:

Главный инженер

(должность)

(подпись)

(расшифровка подписи)

Члены комиссии:

Инженер ПТО

(должность)

(подпись)

(расшифровка подписи)

Начальник эксплуатационной службы

(должность)

(подпись)

(расшифровка подписи)

Рис. 2. Примерная форма дефектной ведомости [2]

Сметная стоимость, определяемая в составе сметной документации, является основой для планирования капитальных вложений, финансирования строительства, расчетов за выполненные подрядные работы, оплаты расходов по приобретению и доставке оборудования и

расходных материалов, а также возмещения других затрат за счет средств, предусмотренных сводным сметным расчетом. Основанием для определения сметной стоимости служат:

– проект и рабочая документация, включая чертежи, ведомости объемов строительных, монтажных, земельных и других видов работ, спецификации и ведомости на оборудование, основные решения по организации производства и очередности проводимых ремонтов, пояснительная записка к проектным материалам;

– действующие сметные нормативы (в т.ч. ресурсные), а также отпускные цены на транспортные расходы, оборудование, материалы.

Смета является обобщающим понятием, объединяющим все виды экономических расчетов и обоснований в строительстве и монтаже на этапах планирования, организации работ и учета расхода ресурсов при сооружении объекта и на период его полезной эксплуатации. Сметой устанавливаются как средние, общественно-необходимые затраты ресурсов, так и индивидуальные издержки производителей и заказчиков работ. Смета может принимать разные формы и качества экономических расчетов в зависимости от поставленных задач, интересов собственников объекта, этапов эксплуатации. В сметах отражаются все элементы экономических обоснований, представляется исходная информация расчетов, источники ее получения и результаты составления сметы. Задачей сметных расчетов является определение потребности во всех видах ресурсов, необходимых для строительства объекта. В смете на текущий или капитальный ремонт газопровода указываются наименование работ, необходимые материалы и оборудование, нормы расхода используемых материалов и их требуемое количество, а также стоимость единицы и сметная стоимость работ [4–8].

Далее инженер ПТО (совместно с главным инженером организации, либо начальником эксплуатационной службы) в зависимости от дефекта принимает решение – когда указанные работы будут проводиться. В случае возникновения аварийной ситуации – повреждена изоляция, механическое повреждение газопровода – работы проводятся в текущем году. Если дефекты не значительные – их выполнение включается в план текущего ремонта на следующий (следующие годы). Если необходима замена газопровода, отключающих устройств, сооружений на газопроводе (контрольных трубок, электропроводников, конденсатосборников), ЭХЗ работы включаются в план капитального ремонта, либо сооружение подлежит полной замене и включается в программу реконструкции и модернизации. Когда работы выполнены расходные материалы подлежат списанию, для чего составляется Акт о приемке выполненных работ и списания материалов при выполнении этих работ: существующей форме М-29 - Отчет о расходах материалов в строительстве. На сегодняшний день также нет унифицированной формы по отчету и фиксации затраченных материалов. Форма М-29 относится к первичной документации эксплуатационной документации и по-прежнему широко распространена. На её основе проводится списание стройматериалов на себестоимость работ. Этот же документ позволяет сопоставить данные по заранее запланированным расходам, исходя из норм и фактического потребления материалов [9]. Примерная форма Акта о приемке выполненных работ и списании материалов при выполнении этих работ представлена на рис. 3. Основная обязанность по заполнению формы М-29 входит в компетенцию мастера уличных сетей или начальников эксплуатационных служб (филиалов), которые в течение некоторого периода времени вносят в него все требуемые сведения, по использованию расходных материалов. Информацию же по нормам расходования материалов вписывается инженером ПТО. Проверяется и подписывается отчет о расходах материалов специалистами бухгалтерии и руководителем эксплуатационной организации. При этом проверка документа должна производиться ежемесячно, чтобы своевременно выявлять допущенные нарушения по нормам расхода материалов и предотвращать их в дальнейшем. На каждый отдельный объект заполняется свой отчет. Документ может иметь дополнительные листы, поэтому его объем неограничен. Основанием для составления отчета служат обще утверждённые и местные нормы



## Библиографический список

1. **ГОСТ Р 54983-2012.** Системы газораспределительные. Сети газораспределения природного газа. Общие требования к эксплуатации. Эксплуатационная документация разработана ОАО «Гипрониигаз». – Введ. 2012–09–13. – М. : изд-во стандартов, 2012. – 117 с.
2. **СП 42-102-2004.** Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб. Разработан ОАО «Гипрониигаз», принят и введен в действие решением Межведомственного координационного совета по вопросам технического совершенствования газораспределительных систем и других инженерных коммуникаций. – Введ. 2004–05–27. – М. : изд-во стандартов, 2004. – 107 с.
3. **РД-11-02-2006.** Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения – М. : ЗАО НТЦ ПБ. – 2017(с изменениями 2018 года). – 35 с.
4. Постановление Госстроя России от 05.03.2004 N 15/1 (ред. от 16.06.2014) Об утверждении и введении в действие Методики определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации (вместе с «МДС 81-35.2004...»). – 2014. – 60 с.
5. **Тульская, С. Г.** Инженер производственно-технического отдела в строительстве / С. Г. Тульская, Е. П. Коротких, А. М. Максименко // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2019. – № 1(14). – С.40–47.
6. **Панов, М. Я.** Алгоритм идентификации гидравлических характеристик управляемых дросселей на ветвях структурного графа абонентских подсистем / М. Я. Панов, Г. Н. Мартыненко, И. А. Дмитриев // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2008. – № 3 (11). – С. 106–112.
7. **Мартыненко, Г. Н.** Анализ роли газовой отрасли в энергетике и экономике страны // Г. Н. Мартыненко, О. С. Поддубная, С. Н. Гнатюк // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. – № 1 (6). – С. 46–49.
8. **Алдалис, Х.** Управление системами газоснабжения с узловой схемой отбора путевой нагрузки / Х. Алдалис, М. Я. Панов, Г. Н. Мартыненко // Газовая промышленность. – 2009. – № 8 (635). – С. 75–77.
9. **Романова, И. А.** Проверка трубопроводов современной системой «SMART PIG» / И. А. Романова, А. А. Потапов, Г. Н. Мартыненко, В. И. Лукьяненко // В сборнике: Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения. Труды 21-й научно-технической конференции. – 2019. – С. 51–56.
10. **Гудаков, Н. И.** Система коммерческого учета расхода газа частными потребителями с использованием новейших технологий / Н. И. Гудаков, С. А. Рогачёва, И. А. Здобников, Г. Н. Мартыненко // В сборнике: Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения. Труды 21-й научно-технической конференции. – 2019. – С. 63–66.
11. **Мартыненко, Г. Н.** Цифровое управление системой учета газопотребления частными потребителями на базе ИТ-технологий / Г. Н. Мартыненко, В. И. Лукьяненко, Н. И. Гудаков, О. С. Мальцева // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2020. – Т. 1. – № 1 (38). – С. 95–101.
12. **Лукьяненко, В. И.** Оперативное управление функционированием городских систем газоснабжения / В. И. Лукьяненко, Г. Н. Мартыненко, М. Я. Панов // В сборнике: Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения. Труды научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – 2012. – С. 89–94.
13. **Мелькумов, В. Н.** Влияние планировки функциональных зон городов на развитие систем теплоснабжения / В. Н. Мелькумов, С. Н. Кузнецов, С. Г. Тульская, А. А. Чуйкина // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2019. – № 1 (53). – С. 116–123.
14. **Тульская, С. Г.** Формирование городской территории при градостроительном проектировании / С. Г. Тульская, А. А. Чуйкина // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2015. – № 1 (1). – С. 9–20.
15. **Сотникова, О. А.** Реконструкция инженерного оборудования жилых зданий / О. А. Сотникова, Д. М. Чудинов, Н. А. Петрикеева, Н. М. Попова // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газозенергоснабжения. – 2018. – № 1. – С. 216–223.
16. **Плаксина, Е. В.** Характерные особенности организации систем отопления и вентиляции в общественных помещениях / Е. В. Плаксина, Е. О. Кшевевская, Е. А. Лавлинская // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2015. – № 3 (20). – С. 77–83.

*Для цитирования:* **Шафеев, Д. Ю.** Расширенные обязанности инженера ПТО организации, эксплуатирующей городские энергосети / Д. Ю. Шафеев, В. И. Лукьяненко, Г. Н. Мартыненко // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2020. – № 3 (20). – С. 30–37.

## СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ

УДК 622.143

### НОВЫЙ ТИП НЕФТЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

С. Г. Тульская, Г. А. Кузнецова, Д. А. Добровольский, А. Р. Головня

*Воронежский государственный технический университет*

*С. Г. Тульская, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г Воронеж, тел. : +7(473)271-53-21, e-mail: TCdtnkfyf2014@yandex.ru*

*Г. А. Кузнецова, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г Воронеж, тел. : +7(473)271-53-21, e-mail: netkuzpr@mail.ru*

*Д. А. Добровольский, бакалавр кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г Воронеж, тел. : +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

*А. Р. Головня, бакалавр кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г Воронеж, тел. : +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

**Постановка задачи.** В статье рассмотрены особенности геологического строения нефтяных залежей нового типа. Они представляют собой кольцевые песчаные образования, опоясывающие тело рифового массива и контактирующие с ним. Кольцевые тела имеют и непрерывное, и прерывистое распространение и следуют поверхности рифа до его подножия, образуя неправильную «гирлянду». Пример представляет Кадыровский купол Илишевского нефтяного месторождения в Башкирии. В кольцевых песчаных телах имеются «раздувы», или «карманы» с увеличенными толщинами песчаников. Один из таких «карманов» вскрыла горизонтальная скважина с длиной горизонтального ствола 195 м. Имеющая уникальный разрез пласта CVI терригенной толщи нижнего карбона (ТТНК).

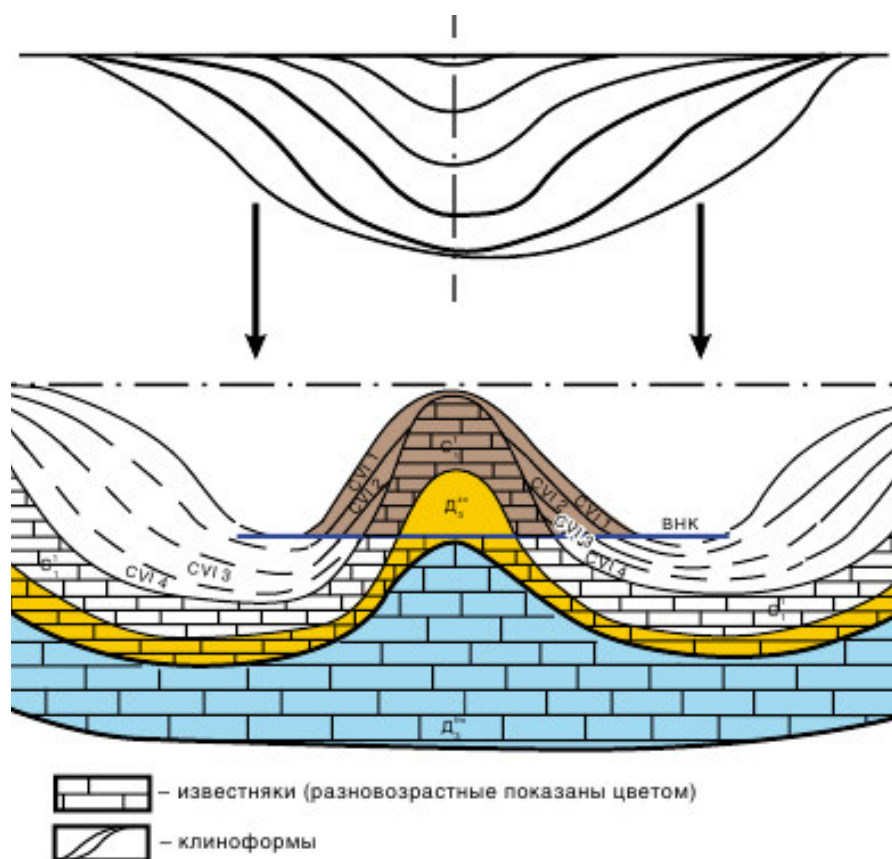
**Результаты и выводы.** Рассмотрены вопросы разработки и доработки кольцевых залежей при заводнении и с вариантом водогазового воздействия (ВГВ). Цель достижения результата – конечная нефтеотдача пласта CVI на Кадыровском куполе.

**Ключевые слова:** кольцевые залежи нефти, риф, купол, горизонтальная скважина, добыча.

**Введение.** Залежью нефти называется естественное скопление флюидов в ловушке, находящейся под крышкой из непроницаемых пород. Тип залежи определяется типом природного резервуара и ловушки. Скопление нефти в пластовом резервуаре в сводовой части называется пластовой залежью, в массивном резервуаре – массивной залежью.

В данной статье рассматривается новый тип залежей установлен на Илишевском нефтяном месторождении в Башкирии, которое оказалось наиболее значительным на современном этапе геологоразведочных работ в старом нефтедобывающем регионе. Илишевское месторождение приурочено к субширотной цепочке из трех небольших рифов, из которых самый крупный, Кадыровский, содержит указанные залежи нефти нового типа. Особенности геологического строения этих залежей и связанные с ними решения в области разработки рассматриваются в данной статье. Разработкой данного нефтяного месторождения является компания Башнефть – это компания стала одной из пятидесяти самых успешных, а также динамично развивающихся нефтяных предприятий России.

**1. Геологическое строение.** Рифы сложены органогенными известняками, имеющими позднефаменский возраст, на которых сформировались карбонатные турнейские массивы. Они выросли в пределах внешней бортовой зоны Актаныш-Чишминского прогиба Камско-Кинельской системы (ККС). Седиментационное образование возникло в соответствии с теоретическими представлениями, но установленные сейсморазведкой и глубоким бурением кольцевые терригенные тела и связанные с ними залежи нефти отличаются уникальностью. На рисунке 1 представлена схема формирования кольцевых залежей нефти внутри и вокруг Кадыровского рифа. Это образование возникло на борту Актаныш-Чишминского прогиба, вблизи границы с палеошельфовой областью. На рисунке 1 представлен горизонтальный масштаб осадконакопления с существующим представлением о клиноформном механизме нивелирования погребенных прогибов ККС. Снизу вверх Кадыровский купол содержит залежи нефти в карбонатах заволжского надгоризонта и турнейского яруса, в песчаниках терригенной толщи нижнего карбона (ТТНК) и карбонатах алексинского горизонта. Отложения выше ТТНК не учтены, так как больший интерес вызывает именно указанный диапазон осадков. В пределах собственно рифа сосредоточены залежи в карбонатах заволжского надгоризонта и турнейского яруса, а в облекании – прислоненные (контактирующие с телом рифа) кольцевые залежи нефти в ТТНК в пласте CVI. Именно в этих залежах заключены основные запасы нефти. В пласте CVI сверху вниз располагаются подчиненные пласты песчаников CVI.1, CVI.2, CVI.3, CVI.4. Содержащиеся в них залежи нефти – кольцевые, структурно-литологические, опоясывающие риф, а залежь верхнего пласта CVI.1 – пластово-сводового типа. Этот песчаный подпласт залегает на размытой вершине рифа. В центре кольцевых песчаных залежей площадь терригенных коллекторов уменьшается за счет расширения тела биогерма книзу при едином ВНК всех залежей.



**Рис. 1.** Схема горизонтального масштаба осадконакопления с погребенными прогибами

Морфология каждой залежи (песчаного тела) индивидуальна. Она видоизменяется по мере детализации геологии при разбуривании Кадыровской постройки (рис. 2). Самая малая по объему и по выдержанности залежь подпласта CVI.4. Морфологически кольцевые залежи представляют пирамидальную «гирлянду» с наклоненными вниз кольцами, распространение которых асимметрично и прерывисто. Кольцевые песчаные тела отделяются друг от друга непроницаемыми пластами аргиллитов. Установленный новый тип залежей нефти, связанных с кольцевыми песчаными телами, опоясывающими по периметру тело рифа и поднимающимися вместе с ним по мере приближения к его внешней границе.

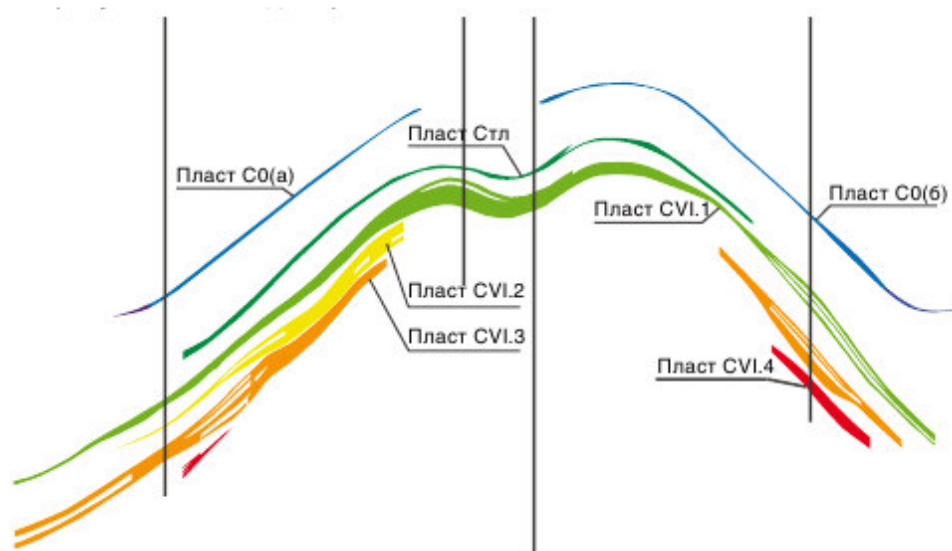


Рис.2. Геологическое строение кольцевых залежей ТТНК Кадыровского купола

**2. Оценка свойств пласта и коллектора.** Примечательно, что кольцевые структуры были обнаружены вокруг Кадыровской рифовой постройки сейсморазведкой МОГТ-2 Д. При переобработке и переинтерпретации первичных материалов на современной методической основе выполнена детализация строения локальных поднятий, выявленных в 1960-е годы по данным структурного бурения. Глубокое поисковое бурение подтвердило наличие прогнозных кольцевых ловушек углеводородов (УВ) на Кадыровском куполе. Месторождение открыто в 1995 году двумя поисковыми скважинами. Уже в следующем году оно было введено в пробную эксплуатацию, а затем и в промышленную разработку. Доразведка месторождения осуществлялась при эксплуатационном разбуривании с применением в ряде случаев метода непродольного вертикального сейсмического профилирования (НВСП), а в последние годы с помощью горизонтальных скважин (ГС).

Кольцевые песчаные залежи пласта CVI.1–CVI.4 включают около 83,0 % первоначальных извлекаемых запасов нефти. Пласт CVI как объект разработки представляет собой многопластовую систему из четырех указанных выше подчиненных пластов. Геолого-физическая характеристика этих пластов приведена в таблице. Из нее следует, что пласты-коллекторы CVI.1-CVI.4 близки по своим литолого-физическим свойствам.

Коллекторами терригенных отложений являются разномерные песчаники с пористостью от 12 % до 33,9 % и проницаемостью от тысячных долей до 5,54 мкм<sup>2</sup>. В этом диапазоне выгодно отличаются коллекторы ТТНК. Нефтенасыщенные толщины пластов ТТНК – от 5,0 до 70,8 м. Коллекторы карбонатных отложений – органогенно-обломочные известняки с

пористостью от 7,6 % до 24,4 % и проницаемостью 0,0001–1,83 мкм<sup>2</sup>. Нефти ТТНК Кадыровского купола вязкие – от 7,18 до 9,20 мПа·с.

**3. Доразведка и доработка.** Разработка Илишевского месторождения вводится с 1996 года и составлено пять проектных документов на разработку месторождения: в 1996, 2000, 2007, 2010 и 2013 годах. В данных документах учитывались новые данные о детализации геологического строения месторождения и актуальнейшего по величине запасов нефти Кадыровского купола. При проектировании разработки Кадыровского купола (и всего Илишевского нефтяного месторождения) выделено пять объектов разработки:

- карбонаты заволжского надгоризонта – турне;
- бобриковско-радаевские песчаники;
- песчаный пласт тульского горизонта;
- песчаники и известняки окского надгоризонта;
- карбонаты нижнепермского возраста.

Таблица

Характеристика пластов CVI.1 – CVI.4

Пласт	Литология	Тип коллектора	Пористость, %	Проницаемость, мкм <sup>2</sup>
CVI.1	Песчаник кварцевый	Поровый	25,5	1,728
CVI.2	Песчаник кварцевый	Поровый	26,2	1,868
CVI.3	Песчаник кварцевый	Поровый	25,5	1,934
CVI.4	Песчаник кварцевый	Поровый	24,2	0,851

Последние на Кадыровском куполе непродуктивны. Проектными документами предусмотрена для каждого объекта индивидуальная система разработки с заводнением, где это необходимо.

Пласт CVI на Кадыровском куполе разбурен и разрабатывается с заводнением. Соотношение добывающих и нагнетательных скважин 2,3/1. Оптимальность этого соотношения подтверждается устойчивым состоянием пластового давления, которое мало отличается от первоначального. В этих условиях компенсация отбора закачкой на уровне 45 % свидетельствует об активности законтурной области. Эксплуатационное разбуривание Кадыровского и остальных куполов Илишевского месторождения в сочетании с НВСП позволило успешно осуществить доразведку залежей. В последние годы указанная задача успешно решается с помощью бурения горизонтальных скважин, которые закладываются по результатам секторного моделирования. Секторные геологические и гидродинамические модели составлены для всех куполов Илишевского месторождения.

Зоны повышенной проницаемости в пласте CVI не имеют сплошного распространения Кадыровского купола. Подобные зоны вызывают интерес в связи с возможностью образования слабо вырабатываемого гидродинамического участка. На объекте пробурили вдоль простирания указанной зоны горизонтальную скважину. Горизонтальный ствол скв. 7024-г прошел по пластам CVI.1–CVI.3 195 метров при высоте над ВНК 80 м. Каротажный разрез скважины свидетельствует, что горизонтальным стволом пройден один из лучших разрезов пласта CVI на Кадыровском куполе. Горизонтальная скважина 7024-г была пущена с начальным дебитом 673 м<sup>3</sup>/сут жидкости при обводненности, равной долям процента. Текущая обводненность удерживалась на уровне первоначальных долей процента и лишь постепенно стала

увеличиваться, достигнув 43,2 %. Скважина 7024-г вскрыла «карман» в залежи пласта CVI.3, характеризующейся локальным «раздувом» мощности этого пласта. Это позволяет говорить о наличии мини-резервуаров, которые должны существовать в рассматриваемых кольцевых залежах. Показанный пример демонстрирует современный подход к доразведке и разработке уникальной многопластовой залежи с помощью ГС, запроектированной по данным геолого-гидродинамического моделирования.

**Выводы.** С помощью современной сейсморазведки и структурного бурения в пределах Актаныш-Чишминского прогиба Камско-Кинельской системы открыты уникальные нефтяные залежи в песчаных пластах многопластового объекта, опоясывающие тело рифового массива. По морфологии это кольцевые залежи, прислоненные к рифу, наклоненные почти согласно его внешней поверхности и сопровождающие массив до подножия. Доразведка указанных залежей с помощью эксплуатационного разбуривания доказала свою эффективность, в том числе и выборочным бурением горизонтальных скважин, закладываемых по данным секторного геолого-гидродинамического моделирования.

Наряду с уникальной морфологией исследуемые кольцевые залежи отличаются развитием в пластовых песчаных образованиях «карманов», где пласты имеют повышенную толщину и проницаемость, обеспечивающие локальное увеличение запасов нефти. Один из таких «карманов» открыла горизонтальная скважина, из которой за два года эксплуатации добыто около 500 тыс. т нефти при минимальной текущей обводненности.

#### Библиографический список

1. **Крец, В. Г.** Основы нефтегазового дела [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Г. Крец, А. В. Шадрин. - Томск : Томский политехнический университет, 2016. – 200 с.
2. **Воробьева, Л. В.** Основы нефтегазового дела [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Л. В. Воробьева. - Томск : Томский политехнический университет, 2017. – 202 с.
3. Основы нефтегазового дела : учебное пособие / сост. А. С. Акопов; сост. Ю. К. Димитриади; сост. И. В. Мурадханов; сост. К. И. Черненко; Министерство образования и науки Российской Федерации; Северо-Кавказский федеральный университет. - Ставрополь : СКФУ, 2017. – 136 с.
4. **Борисевич, Ю. П.** Стратегия использования природного и попутного газа в Российской Федерации [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. П. Борисевич, В. В. Коновалов, Г. З. Краснова. – Стратегия использования природного и попутного газа в Российской Федерации; 2025-02-06. – Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. – 324 с.
5. Добыча и подготовка нефти [Электронный ресурс]: Лабораторный практикум / сост.: А. С. Николайченко, Л. М. Зиновьева. – Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2018. – 104 с.
6. «Роснефть» запустила проект «Цифровое месторождение» в Башкирии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rosneft.ru/press/news/item/195043/> (дата обращения: 16.08.2020).
7. **Тульская, С. Г.** Приём и отпуск нефтепродуктов на нефтебазах при различных видах транспорта / С. Г. Тульская, А. А. Чуйкина, Е. С. Аралов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – №1 (6). – С. 69–77.
8. **Колосов, А. И.** Математическая модель потокораспределения при изотермическом течении вязкого газа / А. И. Колосов, М. Я. Панов, К. В. Зубарев, А. А. Свиридов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2015. – № 4 (40). – С. 34–41.
9. **Тульская, С. Г.** Подогрев и вероятная температура нефтепродуктов в резервуарах при хранении / С. Г. Тульская, С. В. Чуйкин, С. А. Петров // Молодой ученый. – 2016. – № 21 (125). – С. 226–228.
10. **Курицын, Б. Н.** Резервуарные установки на базе подземных вертикальных резервуаров с естественной регазификацией / Б. Н. Курицын, О. Н. Медведева, Н. Н. Осипова // Строительство – 2000. – Ростов на Дону, 2000. – С. 37–38.

*Для цитирования:* **Тульская, С. Г.** Новый тип нефтяных залежей / С. Г. Тульская, Г. А. Кузнецова, Д. А. Добровольский, А. Р. Головня // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2020. – № 3 (20). – С. 38–42.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

УДК 69.04

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОКЛАДКИ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

С. Г. Тульская, А. Р. Бохан, Ю. Г. Шипилова, М. А. Долбилова

*Воронежский государственный технический университет*

*С. Г. Тульская, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: TCdtnkfyf2014@yandex.ru*

*Ю. Г. Шипилова, ассистент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

*М. А. Долбилова, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

*А. Р. Бохан, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

**Постановка задачи.** Транспортировка электрической энергии, в особенности высоковольтной, сопровождается появлением сильных электромагнитных полей по всей длине линии. Эти поля оказывают крайне неблагоприятные воздействия как на растения и животных, так и на людей, попадающих в поле их действия. С ростом напряжения, используемого для передачи электроэнергии, увеличивается интенсивность этих полей и, как следствие, степень воздействия на окружающую природу и людей. В крупных городах стали распространены кабельные линии, напряжение которых может достигать 220 кВ.

**Результаты и выводы.** В данной статье представлен анализ влияния линий электропередачи на окружающую среду и человека. Рассмотрено влияние излучения воздушных и кабельных линий на окружающую среду и поиска средств защиты от них. Сформулирован комплекс факторов оценки экологического влияния воздушных и кабельных линий электропередачи на окружающую среду.

**Ключевые слова:** воздушные линии электропередачи, кабельные линии электропередачи, экологические проблемы, электромагнитное поле.

**Введение.** До середины XX века влияние линий электропередачи (ЛЭП) на окружающую среду почти не учитывалось из-за малой плотности размещения сетей. С ростом напряжения, дальности электропередач усиливается влияние ЛЭП на био- и социальные сферы. Более того, в последнее время в городах получили широкое распространение кабельные линии электропередачи (КЛ) основной особенностью которых, является подземная прокладка. Эти линии проходят вблизи домов, тротуаров, детских садов, школ и других сооружений городской инфраструктуры. И, чтобы обезопасить от влияния ЛЭП людей необходимо знать, какое влияние оказывают воздушные и кабельные линии на окружающую среду [1, 2, 4].

**1. Воздушные линии электропередачи.** В настоящее время существуют отрицательные факторы при проектировании и строительстве воздушной линии электропередачи (ВЛ):

1. Экологический – вырубка лесных насаждений, изменение среды обитания животных, птиц, насекомых, вредоносное влияние электромагнитного поля сверх- и ультравысокого напряжения на биосферу;

2. Экономический – ограничение хозяйственной деятельности в зоне отчуждения земель для ВЛ, нанесение ущерба лесному хозяйству;

3. Социальный – ухудшение условий жизни населения вблизи ВЛ, отрицательное воздействие на пейзаж, акустические шумы, ухудшение работы средств связи.

Размеры электромагнитного поля ВЛ (рис. 1) зависят от напряжения: чем выше напряжение – тем больше зона электромагнитного поля с высокой интенсивностью волн. Как известно, нагрузка электросетей меняется как в течении суток, так и с изменением времени года. Это приводит к тому, что размеры зоны с высокой интенсивностью электромагнитного поля также меняются [1].

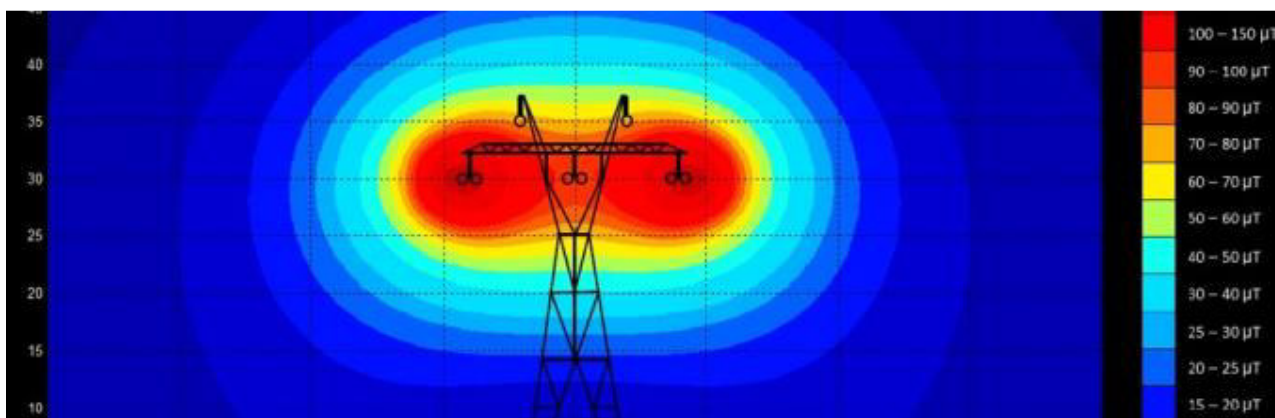


Рис. 1. Диаграмма распространения электромагнитного поля вокруг опоры ЛЭП [5]

Электромагнитные поля ВЛ оказывают сильное влияние на состояние всех живых организмов, находящихся в зоне их воздействия. В районах с высокой плотностью электромагнитного поля возникают изменения в жизни животных, связанные прежде всего с нарушениями функционирования ЦНС (центральной нервной системы).

В структуре сообществ почвенной фауны и их распределении по почвенным горизонтам не было выявлено существенных изменений под действием электромагнитного поля.

Согласно нормативным документам [1], следует избегать прокладки ВЛ по лесам I группы – леса, основным назначением, которых является выполнение водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных, иных функций, а также леса особо охраняемых природных территорий. В лесах II и III групп ширина просеки принимается равной большему из двух значений, рассчитанных по формулам, приведённым в главе 2.5 ПУЭ [1]. Для прохождения ВЛ по насаждениям должны быть прорублены просеки, их ширина зависит от высоты насаждений с учетом их перспективного роста в течение 25 лет с момента ввода ВЛ в эксплуатацию и группы лесов.

В насаждениях с перспективной высотой пород до 4 м ширина просек принимается равной 3 м от крайних проводов ВЛ. При прохождении ВЛ по территории фруктовых садов вырубка просек не обязательна.

Таким образом, прокладка ЛЭП по лесным насаждениям приводит к вырубке большого количества растительности, не говоря уже о последствиях самих строительных работ, что пагубно влияет на среду обитания растений и животных.

Факторы влияния электромагнитного поля на человека:

– непосредственное воздействие, проявляющееся при пребывании в электрическом поле, чем дольше пребывание – тем сильнее воздействие;

– воздействие электрических разрядов (импульсного тока), возникающих при прикосновении человека к изолированным от земли конструкциям, корпусам машин и механизмов на пневматическом ходу и протяженным проводникам или при прикосновении человека, изолированного от земли, к растениям, заземленным конструкциям и другим заземленным объектам;

– воздействие тока, проходящего через человека, находящегося в контакте с изолированными от земли объектами – крупногабаритными предметами, машинами и механизмами, протяженными проводниками – тока стекания, а так же обувь человека.

Интенсивность воздействия магнитных полей на человека определяется напряженностью  $H$  и магнитной индукцией  $B$

$$B = \mu \cdot H,$$

где  $H$  – напряженность, А/м;  $\mu$  – магнитная постоянная.

Степень опасности каждого из указанных факторов возрастает с увеличением напряженности электрического поля.

При кратковременном облучении ВЛ человека в течение нескольких минут может повлиять только на гиперчувствительных людей или людей, с определёнными видами аллергии. При длительном, более месяца, пребывании человека в электромагнитном поле линий электропередач могут развиваться заболевания, связанные с сердечнососудистой и нервной системами. За последние годы было также обнаружено, что при очень длительном проживании в зоне влияния электромагнитных полей ЛЭП более года, возрастает частота диагностики онкологических заболеваний.

Основным методом защиты здоровья человека от воздействий электромагнитного поля ЛЭП стало установление санитарно-защитных или охранных зон (СЗЗ) (рис. 2). Они устанавливаются в местах трассы ЛЭП, где плотность электромагнитного поля превышает 1 кВ/м. Другим методом стало снижение плотности электрического поля в жилых, административных зданиях, на предприятиях и в прочих местах возможного продолжительного пребывания людей за счёт использования систем экранирования.

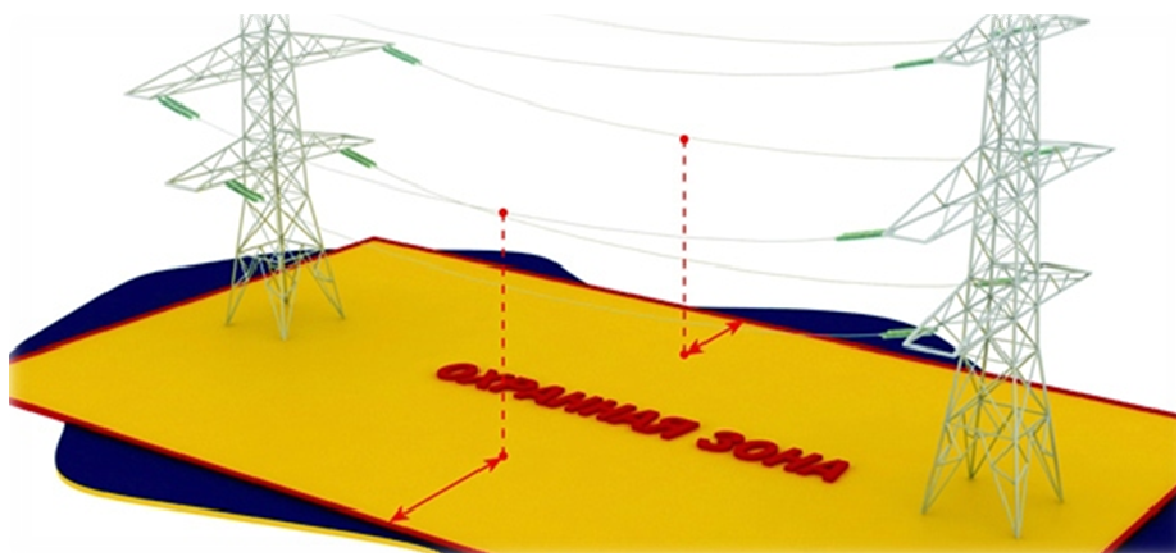


Рис. 2. Охранная зона ЛЭП [5]

Охранные зоны вдоль воздушной линии электропередачи зависят от высоты опоры (рис.3). Высота опоры принимается в зависимости от напряжения ВЛ и от типа провода.

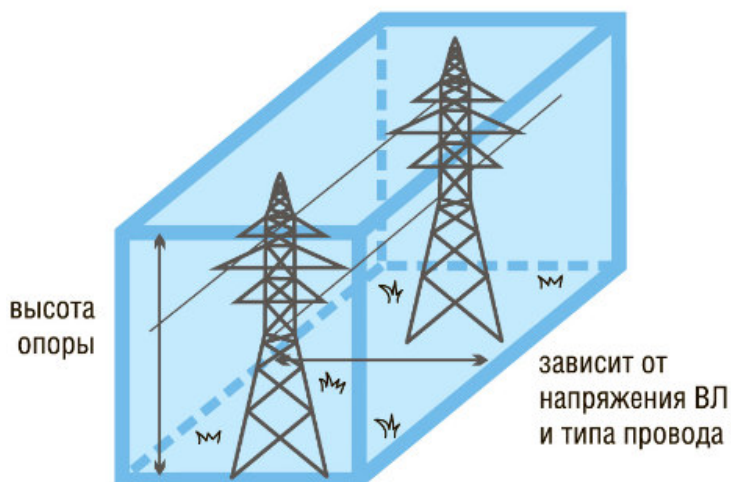


Рис. 3. Охранные зоны вдоль воздушной линии электропередачи [5]

Согласно нормативным документам СанПиН и ПУЭ [1, 2] регламентируется расстояния от ЛЭП в зависимости от напряжения (рис. 4). Для проектируемых ВЛ принимают границы СЗЗ вдоль трассы ВЛ: 20 м – для ВЛ с напряжением 330 кВ; 30 м – для ВЛ с напряжением 500 кВ; 40 м – для ВЛ с напряжением 750 кВ; 55 м – для ВЛ с напряжением 1150 кВ. Минимальное расстояние от оси проектируемых воздушных ЛЭП с напряжением 750–1150 кВ до ближайшего края населенных пунктов должно превышать: 250 м – для ВЛ с напряжением 750 кВ; 300 м – для ВЛ с напряжением 1150 кВ [1, 2].

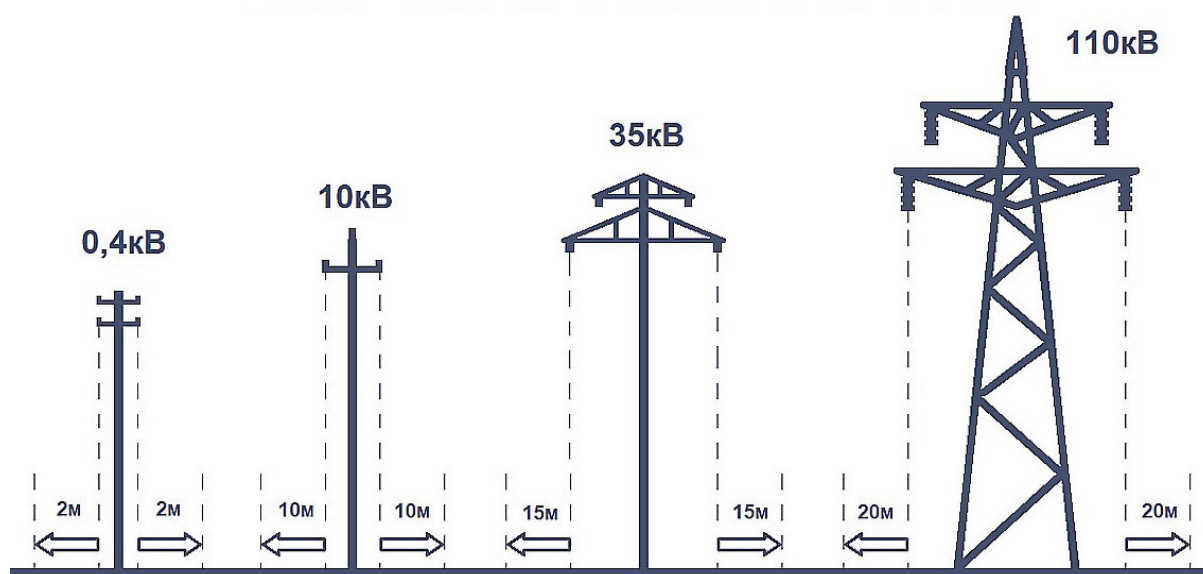


Рис. 4. Схема охранной зоны ЛЭП в зависимости от напряжений [5]

На территории СЗЗ запрещается строительство жилых и общественных зданий и сооружений, площадок для остановки всех видов транспорта, стоянок, предприятий, работающих с горючим топливом и машинами, производить посадку деревьев, полив сельскохозяйственных культур. Поэтому, трассы проектируемых ВЛ должны выбираться таким образом,

чтобы жилые, общественные, административные здания и промышленные предприятия не располагались на территории СЗЗ [1, 2, 6].

При сооружении новых ЛЭП, на СЗЗ которых находятся уже возведённые здания и приусадебные участки, допускается оставление их в пределах СЗЗ ВЛ напряжением 330–500 кВ при условии снижения плотности электромагнитного поля до значений, предусмотренных в СанПиН 2971–84 [2]. Это достигается путём установки на крыше здания с неметаллической кровлей любой металлической сетки, которая заземляется не менее чем в двух точках. В зданиях с металлической крышей достаточно заземлить кровлю не менее чем в двух точках. Также на местах пребывания людей плотность поля промышленной частоты может быть снижена путем возведения защитных экранов, например это железобетонные, металлические заборы, тросовые экраны, деревья или кустарники высотой более 2 м.

При проведении строительно-монтажных работ в СЗЗ ЛЭП необходимо заземлять протяженные металлические объекты. В местах пересечения автодорог с ВЛ должны устанавливаться дорожные знаки, запрещающие остановку транспорта в санитарно-защитных зонах этих ВЛ [2].

На территории воздушных линий электропередач необходимо учитывать безопасное расстояние до проводов (рис. 5). Замечено, что люди проживающие в непосредственной близости с ЛЭП имеют нарекания на состояние здоровья. При исследовании и разработке охранной зоны ЛЭП задействованы не только нормативные документы, но и законы физики, медицинские исследования. Охранная зона принимается по длине, ширине и высоте ЛЭП, таким образом, чтобы безопасность человека была максимально соблюдена. Выбор параметров осуществляется по заданному напряжению.

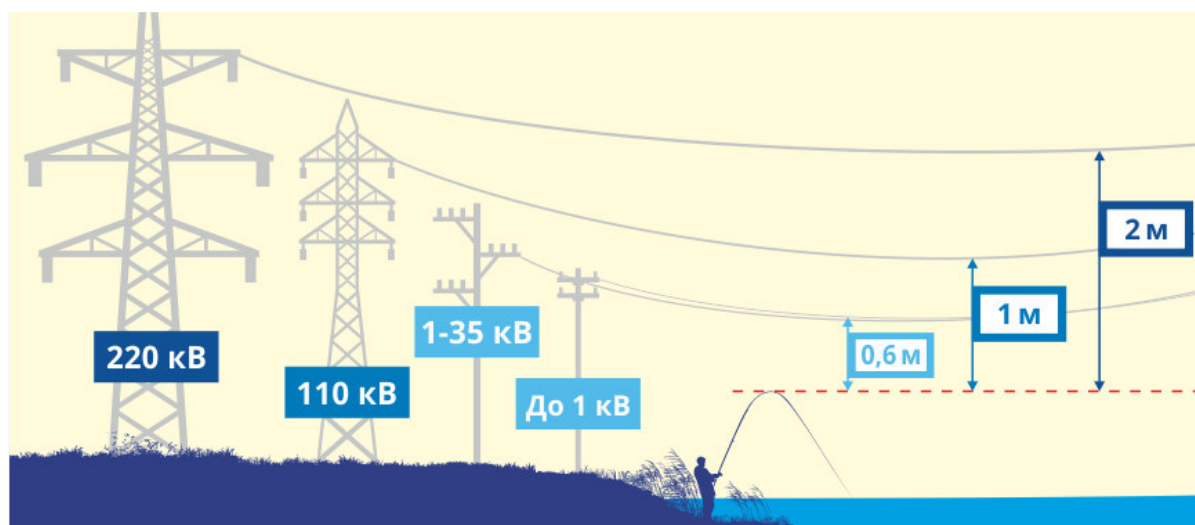


Рис. 5. Безопасное расстояние до проводов ЛЭП [5]

**2. Кабельные линии электропередачи (КЛ).** Прокладка КЛ, в отличие от ВЛ выгодно отличает их с точки зрения экологии и эстетики. Охранная зона КЛ существенно меньше, чем у ВЛ, вырубка лесных насаждений требуется только в случае необходимости, отсутствуют акустические шумы от передачи электричества, а также, отсутствует влияние на эстетическое восприятие местности (рис. 6).

Над подземными кабельными линиями, в соответствии с главой 2.3 ПУЭ [1], должны устанавливаться охранные зоны, шириной (рис. 7):

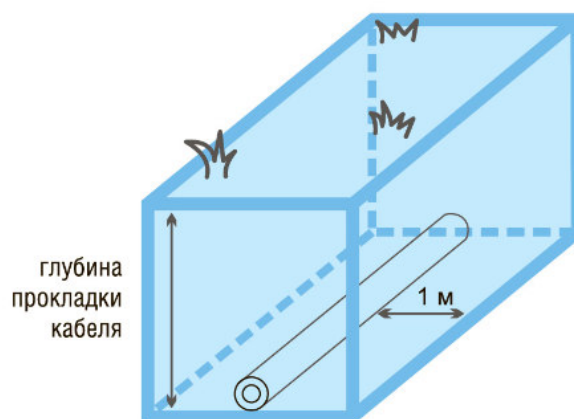
- КЛ до и выше 1 кВ – 1 м с каждой стороны от крайних кабелей;
- КЛ до 1 кВ при прохождении кабельных линий в городах под тротуарами: 0,6 м в сторону зданий сооружений и 1 м в сторону проезжей части улицы;

– для подводных кабельных линий любого напряжения – 100 м от крайних кабелей.



**Рис. 6.** Кабельные линии электропередачи

При прокладке кабельных линий в зоне насаждений расстояние от кабелей до стволов деревьев должно быть, как правило, не менее 2 м. Допускается по согласованию с организацией, в ведении которой находятся зеленые насаждения, уменьшение этого расстояния. При прокладке кабелей по кустарниковым насаждениям, расстояния до стволов деревьев допускается уменьшить до 0,75 м [1].



**Рис. 7.** Охранные зоны вдоль кабельной линии электропередачи

Вредное воздействие касается всех видов ЛЭП – как воздушных, так и подземных. Однако исследования проводились в большей степени для изучения влияния ВЛ. Что же касается влияния от высоковольтных КЛ, то их электромагнитное излучение и его воздействие на человеческий организм мало изучено. Прокладывание линий под землей предлагается с целью использования этих земель, в том числе и под жилищную застройку, причём согласно ПУЭ, расстояние между фундаментом здания и КЛ должно быть не менее 0,6 м. Использование коаксиальных кабелей, проложенных в специальных экранирующих коллекторах, позволяют полностью изолировать электромагнитное излучение.

Также мало исследовалось влияние излучений КЛ на животный и растительный мир. Эти исследования не будут проводиться по причине того, что КЛ были разработаны и преимущественно используются на территориях городов и предприятий, а не между населёнными пунктами, что обуславливается высокой стоимостью прокладки сетей.

**Выводы.** В настоящее время при проектировании ЛЭП сверх- и ультравысокого напряжения необходим учёт их влияния на биосферу, социальные и экономические системы районов, по которым планируется их прокладка. Выбор параметров, конструктивных особенностей и трассы прокладки линий электропередачи на стадии проектирования должен выполняться не только в соответствии с требованиями технических, но и санитарных норм и правил. Должен проводиться тщательный анализ всей трассы линии электропередачи, климатических условий и выбор средств, позволяющих снизить размеры отторгаемых ценных сельскохозяйственных земель, вырубки лесных массивов, воздействия на окружающий животный и растительный мир, а также на находящиеся вблизи трассы линии населённые пункты [4–12].

Также необходимым действием является комплексный подход к изучению влияния кабельных ЛЭП на почвенно-растительный слой, животных, растений и здоровье человека. Эти исследования позволят скорректировать правила и нормы прокладки КЛ по жилым и производственным районам городов так, чтобы влияние их электромагнитных полей на проживающих и работающих в этих районах людей, было сведено к минимуму [1].

#### Библиографический список

1. ПУЭ «Правила устройства электроустановок». Шестое и седьмое издания (все действующие разделы). – 2003. – 500 с.
2. СанПиН 2971-84. Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты. Дата актуализации 17.06.2011.–1984. – 4 с.
3. Насколько опасно электромагнитное излучение от линии ЛЭП [Электронный ресурс]. URL: <https://vodakanazer.ru/novosti/chem-opasna-blizost-linij-lep-dlya-cheloveka.html> (дата обращения: 02.08.2020).
4. Крюков, К. П. Конструкции и механический расчет линий электропередачи / К.П. Крюков, Б.П. Новгородцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Энергия, 1979. – 312 с.
5. Временная методика оценки опасности влияния переменного тока высоковольтных ЛЭП на проектируемый трубопровод и технические решения по его защите. – М. : ОАО «Газпром». – 2009. – 25 с.
6. Вихарев, А. П. Проектирование механической части воздушных ЛЭП: учебное пособие. Киров: Вятский государственный университет (ВятГУ), 2009. – 140 с.
7. Чуйкин, С. В. Разработка программы расчета ожидаемых нагрузок ветра на провода воздушных линий электропередачи / С. В. Чуйкин, Т. В. Дорофеева, Е. О. Кшевинская // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2015. – № 1(18). – С. 23–28.
8. Дорофеева, Т. В. Опоры воздушных линий электропередачи / Т. В. Дорофеева, Е. О. Кшевинская, Ю. С. Старокожев, В. А. Склизкоухих // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2015. – № 2(19). – С. 64–70.
9. Кожухов, Р. О. Экологические аспекты при передаче высоковольтной электрической энергии / Р. О. Кожухов, Н. А. Петрикеева // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2015. – № 2. – С. 47–51.
10. Мюльбаер, А. А. Влияние воздушных линий переменного тока на стальные трубопроводы // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. XXXI междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: СибАК, 2014. – № 2(27). – С. 39–48.
11. Гришанович, А. И. Анализ воздействия электромагнитных волн на жилые комплексы / А. И. Гришанович // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2015. – № 1 (1). – С. 60–66.
12. Пискунков, Е. Г. 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.

*Для цитирования:* Тульская, С. Г. Экологические аспекты прокладки воздушных и кабельных линий электропередачи / С. Г. Тульская, А. Р. Бохан Ю. Г. Шипилова, М. А. Долбилова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2020. – № 3 (20). – С. 43–49.

## **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...»).

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* и *Выводы*, которые также выделяются заголовками. Каждая из этих частей в краткой форме передает содержание соответствующих частей текста - введения, основного текста и выводов.

Требуемый объем аннотации – 7÷10 строк, набранных шрифтом высотой 10 пт.

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

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

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

6. Обязательным элементом статьи является индекс УДК.

7. Сведения об авторах, аннотация, ключевые слова и библиографический список приводятся на русском и на английском языках.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

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 в редакторе формул MathType. 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 7.1-2003. Список источников приводится в алфавитном порядке или по порядку их упоминания в тексте.

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

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

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

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

18. 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.

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