

Владимирский государственный университет

**АКТУАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИИ
В ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИИ
ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Материалы региональной
научно-практической конференции**

**22 апреля 2026 г.
г. Владимир**

Владимир 2026

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Институт архитектуры, строительства и энергетики
Кафедра теплогазоснабжения, вентиляции и гидравлики

АКТУАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИИ В ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИИ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Материалы региональной научно-практической конференции

22 апреля 2026 г.
г. Владимир

Электронное издание



Владимир 2026

ISBN 978-5-9984-1653-8
© Коллектив авторов, 2026

УДК 697.34(470.314)
ББК 38.763(2Рос-4Вла)

Редакционная коллегия:

А. Н. Стариков, канд. техн. наук
доцент кафедры ТГВиГ ИАСЭ (*отв. редактор*)

С. В. Угорова, канд. техн. наук
зав. кафедрой ТГВиГ ИАСЭ (*член редколлегии*)

М. В. Шеногин, канд. техн. наук
доцент кафедры ТГВиГ ИАСЭ (*член редколлегии*)

А. Б. Костерин, специалист по УМР кафедры ТГВиГ ИАСЭ (*член редколлегии*)

Издание индексируется в РИНЦ

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Актуальные инновации в теплогазоснабжении Владимирской области [Электронный ресурс] : материалы регион. науч.-практ. конф., 22 апр. 2026 г., г. Владимир / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых ; Ин-т архитектуры, стр-ва и энергетики, Каф. теплогазоснабжения, вентиляции и гидравлики. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2026. – 128 с. – ISBN 978-5-9984-1653-8. – Электрон. дан. (4,48 Мб). – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). – Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц ; Windows XP/7/8/10 ; Adobe Reader ; дисковод DVD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

Представлены материалы региональной научно-практической конференции, проведённой на базе кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и гидравлики Института архитектуры, строительства и энергетики в рамках Дней науки студентов ВлГУ. Приведены результаты совместных со студентами, аспирантами и специалистами предприятий Владимирской области исследований в сфере проектирования и эксплуатации сетей и объектов тепло- и газоснабжения, энергетики, гидравлики.

Представляют интерес для студентов, аспирантов строительных специальностей, преподавателей и специалистов-практиков.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. «ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ»

Глухоедов А.А., Журавлева Н.В.

О перспективах получения и использования горючих газов на полигонах твердых бытовых отходов 5

Королькова Е.А., Журавлева Н.В.

Современное оборудование и экипировка для защиты жизни и здоровья сотрудников теплогазоснабжающих организаций 9

Никифорова А.А., Журавлева Н.В.

Современный подход к технико-экономическому обоснованию капитального ремонта внутренних систем газоснабжения в многоквартирных жилых домах 14

Пиголкин Д.С., Шенюгин М.В.

Применение газовых каскадных котельных на объектах административно-бытового назначения и в многоквартирных жилых домах 18

Глаголев А.С., Журавлева Н.В.

Применение современных программных комплексов для проектирования газовых сетей 24

Шадрин В.Ю., Шенюгин М.В.

Современные подходы к организации временного газового отопления объектов в чрезвычайных ситуациях 28

Костерина А.А., Шенюгин М.В.

Проблемы и решения в газоснабжении удаленных и сельских районов 33

Тигля А.С., Шенюгин М.В.

О построении современных схем пунктов редуцирования газа 37

Тигля А.С., Шенюгин М.В.

О современном подходе к выбору оборудования газорегуляторных пунктов 41

Секция 2. «ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ»

Лисецкая А.Ю., Угорова С.В.

Опыт эксплуатации увлажнителя воздуха в системе кондиционирования для зданий промышленного назначения 46

Беланенко А.А., Стариков А.Н.

Перспективы развития систем теплоснабжения коммунального хозяйства 49

Демидов М.М., Стариков А.Н.

Перспективы развития систем микроклимата 55

Ерёмина Е.С., Стариков А.Н.

Бани в гаражных боксах: возможность, примеры, особенности 59

Николаев А.В., Стариков А.Н.

Умный дом как инженерная система 65

<i>Цветкова О.И., Стариков А.Н.</i> Особенности формирования микроклимата отапливаемых помещений	70
<i>Шилов А.О., Стариков А.Н.</i> Методические подходы к выбору климатического оборудования для мини-отеля.....	77
<i>Гордеева Г.В., Красавина Э.Е.</i> Решения по отоплению и вентиляции литейного цеха по адресу: г. Владимир, ул. Электrozаводская, д. 5	83
<i>Сорокин Д.А., Пазухин П.Ю.</i> Декарбонизация теплоснабжения: переход на низкоуглеродные источники тепла	87
<i>Моисеева А.Д., Пазухин П.Ю.</i> Взаимосвязь микроклимата помещений и инженерных систем: оптимизация комфорта, здоровья и энергопотребления	91

Секция 3. «АВТОМАТИЗАЦИЯ, ГИДРАВЛИКА, ЭНЕРГЕТИКА»

<i>Пискунов Д.А., Борисов Б.Н.</i> Пневматические системы тормозов в автомобилестроении.....	95
<i>Гришин А.А., Борисов Б.Н.</i> Топливоподающая аппаратура в дизельных двигателях	98
<i>Фролов Д.В., Борисов Б.Н.</i> Устройство и принцип работы предохранительных клапанов.....	103
<i>Гриднева А.Н., Журавлева Н.В.</i> Сравнительная оценка эффективности альтернативных топливных ресурсов	108
<i>Цветкова О.И., Филиппов В.В.</i> Потенциал древесины как энергоносителя	111
<i>Ерёмина Е.С., Филиппов В.В.</i> Энергия морей, её применение	114
<i>Духанина Е.А., Осипов В.А.</i> Автоматизированный графико-расчетный комплекс управления электронными моделями систем теплоснабжения	116
<i>Локтев А.С., Марков Н.А., Завитков А.В., Люхтер А.Б.</i> Опыт внедрения лазерных технологий в производственные процессы нефтегазовой отрасли	122

УДК 504.054:662.76

О ПЕРСПЕКТИВАХ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

А.А. Глухоедов (студент)¹, Н.В. Журавлева (ст. преп., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа Смг-425

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: В статье рассматривается проблема накопления твердых бытовых отходов как источник экологических рисков и потенциальный ресурс для энергогенерации. Основное внимание уделено процессам формирования биогаза на полигонах ТБО, его составу и методам утилизации. Рассмотрены экономические и экологические аспекты проектов по его утилизации, а также перспективные направления развития данной отрасли, включая получение биометана. Сделан вывод о высокой значимости технологий рекуперации полигонного газа для перехода к циркулярной экономике и достижения целей устойчивого развития.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы (ТБО), полигон ТБО, биогаз, свалочный газ, метан, утилизация отходов, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), биометанизация, дегазация, экология.

OBTAINING AND USING PROSPECTS ON COMBUSTIBLE GASES AT MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS

A.A. Glukhoedov (student)¹, N.V. Zhuravleva (senior lecturer)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group Smg-425

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: The article discusses the problem of municipal solid waste (MSW) accumulation as a source of environmental risks and a potential resource for energy generation. The main focus is on the processes of biogas formation in MSW landfills, its composition, and methods of utilization. The article examines the economic and environmental aspects of MSW utilization projects, as well as promising areas for the development of this industry, including the production of biomethane. The article concludes that the technologies for landfill gas recovery are highly important for the transition to a circular economy and achieving sustainable development goals.

Keywords: municipal solid waste (MSW), landfill, biogas, landfill gas, methane, waste disposal, renewable energy sources (RES), biomethanization, degassing, ecology.

Накопление твердых бытовых отходов (ТБО) является одной из острых глобальных экологических проблем. Полигоны ТБО представляют собой не только источник загрязнения почв и грунтовых вод, но и существенный эмитент парниковых газов, в первую очередь метана (CH₄), обладающего потенциалом глобального потепления в 28...34 раза выше, чем у диоксида углерода (CO₂) на столетнем горизонте [1]. В то же время, органическая фракция отходов в

анаэробных условиях полигона подвергается микробиологическому разложению с образованием горючего газа, энергетический потенциал которого значителен. Утилизация этого газа позволяет решить двуединую задачу: снижения негативного воздействия на окружающую среду и получения коммерчески востребованного энергоносителя. Целью данной работы является комплексный анализ современных технологий и перспектив получения и использования горючих газов на объектах размещения ТБО.

При захоронении твердых бытовых и промышленных отходов на специально оборудованных полигонах под воздействием микрофлоры происходит биотермический анаэробный процесс распада органической составляющей отходов. Конечным продуктом этого процесса является биогаз, основную объемную массу которого составляют метан и диоксид углерода.

Формирование горючего газа (часто называемого свалочным или полигонным газом, англ. landfill gas – LFG) – результат сложных биохимических процессов анаэробного разложения органических веществ (пищевые отходы, бумага, древесина, текстиль). Процесс протекает в четыре основные стадии (гидролиз, ацидогенез, ацетогенез, метаногенез) и продолжается десятки лет после закрытия полигона. Пик газовой выделению обычно приходится на 5...7 год после размещения отходов [2].

Примерный усредненный состав образующегося газа:

- метан (CH_4): 45...60%;
- диоксид углерода (CO_2): 40...55%;
- азот (N_2), кислород (O_2), водород (H_2), сероводород (H_2S) и летучие органические соединения (ЛОС): 1...5%.

Наряду с названными компонентами биогаз содержит пары воды, оксид углерода, оксиды азота, аммиак, углеводороды, фенол и в незначительных количествах другие примеси, обладающие вредным для здоровья человека и окружающей среды воздействием.

Именно метан является целевым горючим компонентом, определяющим энергетическую ценность газа (низшая теплота сгорания – 16...20 МДж/м³, что составляет примерно 40...50% от теплоты сгорания природного газа).

Для сбора свалочного газа применяется технология бурения скважин по всему телу полигона ТБО, основанная на двух факторах:

- 1) согласно физико-химическим свойствам, свалочный газ значительно легче воздуха и соответственно поднимается вверх по организованным каналам, установленным в скважины;
- 2) свалочный газ практически равномерно распределяется по всему телу полигона ТБО, и, соответственно, необходимо выполнить значительное количество буровых скважин для охвата всей площади.

Система сбора полигонного газа является критически важным элементом всего проекта. Она включает в себя:

- 1) вертикальные или горизонтальные газосборные скважины, пробуренные в тело полигона;
- 2) сеть газопроводов, транспортирующих газ под разрежением к коллектору;
- 3) вакуумные насосные станции (газодувки), создающие необходимое разрежение для отбора газа;
- 4) оборудование первичной подготовки: конденсатоотводчики, фильтры для удаления механических примесей и влаги.

Процесс бурения производится практически на всю глубину залегания отходов, после чего в скважину помещается специальный сборник свалочного газа, представляющий собой участок трубопровода (обычно выполненного из полиэтилена из-за низких коррозионных

свойств), в котором проделаны многочисленные отверстия для сбора газа по всей глубине залегания мусора. Верхняя часть герметизируется на уровне погружения для исключения утечек свалочного газа, после чего все газосборники подключаются к общему коллектору и выводятся к месту очистки или фильтрации. Для сбора свалочного газа применяются вертикальные скважины, пробуренные равномерно по всей площади свалочного полигона с расстоянием 50...100 м между скважинами. Диаметр скважин составляет от 200 до 600 мм.

Далее газ поступает в коллекторы и транспортируется к месту утилизации (временного хранения), при этом необходимо учитывать, что давление газа в скважинах невелико, а сам процесс образования свалочного газа протекает крайне неравномерно, без возможности влияния на этот процесс доступными методами.

Для последующего эффективного использования газ требует дополнительной очистки, степень которой зависит от выбранного способа утилизации. Удаление сероводорода, силиконов и ЛОС может осуществляться методами адсорбции, хемосорбции или мембранного разделения [3].

Рассматривая практику применения различных методов утилизации свалочного газа, выделим основные методы.

Факельное сжигание на специальной установке. Метод широко применяется во многих европейских странах для прямой утилизации свалочного газа, снижения пожароопасности территории полигона ТБО и устранения неприятных запахов. Энергетический потенциал газа не используется, специальная подготовка (осушка и фильтрация газа) не требуется. Метод подобного использования газа предназначен прежде всего для проведения превентивных мер по повышению противопожарной устойчивости и снижения уровня загрязнения окружающей среды. Применяется на полигонах ТБО при нестабильном выходе газа и при низком содержании метана. Это наименее эффективный, но обязательный с экологической точки зрения метод, применяемый на начальных этапах дегазации или при нестабильном составе газа. Позволяет безопасно разрушать метан, минимизируя выбросы парниковых газов.

Производство электроэнергии, наиболее распространенный метод. Газ используется в качестве топлива для газопоршневых, газотурбинных или микротурбинных электростанций, установленных непосредственно на территории полигона или рядом с ним. КПД установок достигает 40...42% [4].

Производство тепловой энергии. Газ сжигается в котлах для генерации тепла, которое может использоваться для отопления близлежащих промышленных или жилых зданий, тепличных комплексов.

Когенерация. Комбинированное производство электроэнергии и тепла, что повышает общий КПД использования топлива до 80...90% [5]. Когенерационная установка предусматривает выработку тепловой энергии, что позволяет отапливать жилищные и хозяйственные постройки и решать проблему горячего водоснабжения. Применение когенерационных установок позволяет избежать затрат на строительство газопроводов и локализовать всю деятельность от получения свалочного газа до выработки электрической энергии на одной площадке. Кроме того, такие установки минимизируют неравномерности сбора свалочного газа и при наличии стандартной энергосети позволяют осуществлять поставки избытка электрической энергии другим потребителям. Основным преимуществом предлагаемого решения является возможность использования всего собранного объема свалочного газа в месте его получения, избегая необходимости транспортировки.

Получение биометана. Наиболее перспективное направление. Путем глубокой очистки (удаления CO_2 , H_2S , влаги и других примесей) полигонный газ доводится до качества природного газа (содержание $\text{CH}_4 > 95\%$). Полученный биометан может быть закачан в газораспределительные сети или использован в качестве моторного топлива для транспортных средств.

Реализация проектов по утилизации полигонного газа является капиталоемкой, но окупаемой инвестицией. Ключевыми экономическими факторами являются объем и плотность захороненных отходов, а также динамика газовыделения. Государственная поддержка через «зеленые» тарифы, углеродные кредиты (в рамках Киотского протокола и Парижского соглашения) или иные механизмы стимулирования ВИЭ значительно повышает инвестиционную привлекательность проектов [6].

Применение свалочного газа как альтернативного вида топлива требует не только значительных капитальных затрат, но и принятия государственными органами нормативных документов, регламентирующих этот вид деятельности, создания налоговых преференций для компаний, решивших внедрять технологии по сбору и утилизации свалочного газа.

Экологический эффект комплексный:

- резкое сокращение выбросов метана (вклада в парниковый эффект);
- снижение рисков возгораний и взрывов на полигоне;
- уменьшение неприятных запахов и эмиссии токсичных ЛОС;
- производство возобновляемой энергии, замещающей ископаемое топливо.

Будущее технологий использования полигонного газа связано со следующими тенденциями:

- 1) интеграция в концепцию циркулярной экономики: вовлечение полигонного газа как вторичного энергоресурса в хозяйственный оборот;
- 2) развитие технологий получения биометана: повышение эффективности и снижение стоимости процессов очистки (мембранные, PSA-технологии) для выхода на рынок товарного газа;
- 3) совмещение с другими методами обработки отходов: предварительная сепарация и анаэробное сбраживание органической фракции до захоронения позволяет ускорить и оптимизировать процесс газогенерации на специализированных биогазовых установках, снижая нагрузку на полигон;
- 4) улавливание и хранение углерода: в долгосрочной перспективе рассматривается возможность улавливания CO_2 из потока полигонного газа для его дальнейшего захоронения или использования [7].

Получение и использование горючих газов на полигонах ТБО перестает быть узкоспециальной технологической задачей и становится значимым элементом национальных стратегий в области управления отходами, энергетики и борьбы с изменением климата. Несмотря на технологические и экономические вызовы, проекты утилизации полигонного газа демонстрируют устойчивую положительную динамику, обеспечивая синергетический эффект для экологии и энергетики. Дальнейшее развитие отрасли лежит в совершенствовании технологий сбора и очистки газа, интеграции в общую систему обращения с отходами и повышении экономической эффективности за счет государственно-частного партнерства и рыночных механизмов стимулирования «зеленой» энергетики.

Основным направлением деятельности по сбору свалочного газа полигонов ТБО предложено считать вынужденную необходимость сбора и утилизации образующегося на мусорных полигонах метана для снижения вредного воздействия на окружающую среду и высокой опасности возникновения пожаров на полигонах ТБО, приводящих к тяжелым последствиям.

Список используемой литературы

1. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (Дата обращения 18.05.2026).
2. СП 320.1325800.2017. Свод правил. Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/556610331> (Дата обращения 18.05.2026).
3. Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов [Электронный ресурс] // Библиотека нормативной документации. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/47/47223/> (Дата обращения 18.05.2026).
4. Рекомендации по расчету образования биогаза и выбору систем дегазации на полигонах захоронения твердых бытовых отходов [Электронный ресурс] // Библиотека нормативной документации. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293784/4293784075.pdf> (Дата обращения 18.05.2026).
5. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Электронный ресурс] // GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel. – Режим доступа: <https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/58039/> (Дата обращения 20.02.2026).
6. Best Practices for Solid Waste Management: A Guide for Decision-Makers in Developing Countries [Электронный ресурс] // US Environmental Protection Agency. – Режим доступа: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/master_swmg_10-20-20_0.pdf (Дата обращения 18.05.2026).
7. Смирнов, В.Г. Утилизация биогаза полигонов твердых бытовых отходов / В.Г. Смирнов, А.П. Петров // Энергосбережение и водоподготовка. – 2020. – № 4. – С. 45-50.

УДК 697.245:614.89

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭКИПИРОВКА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЯ СОТРУДНИКОВ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖАЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Е.А. Королькова (студент)¹, Н.В. Журавлева (ст. преп., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа Смг-425

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Представлена адаптивная двухуровневая структура безопасности персонала теплогазоснабжающих организаций, включая персональные газоанализаторы, самоспасатели, лазерные детекторы метана и съемную опалубку. Предлагаемая система снижает риски взрывоопасности, отравления и обрушения грунта, учитывает индивидуальные особенности специалистов и повышает оперативную готовность, снижая уязвимость от человеческого фактора и обеспечивая эффективную защиту в опасной среде.

Ключевые слова: газоопасные работы, средства индивидуальной защиты (СИЗ), промышленная безопасность, теплогазоснабжающие организации, газоанализатор, лазерный детектор, угарный газ (CO), самоспасатель, съемная опалубка, производственный травматизм.

MODERN EQUIPMENT TO PROTECT THE LIFE AND HEALTH OF HEAT AND GAS SUPPLY ORGANIZATIONS' EMPLOYEES

E.A. Korolkova (student)¹, N.V. Zhuravleva (senior lecturer)²

¹ *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group Smg-425*

² *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair*

Abstract: The article presents an adaptive two-level safety structure for staff in heat and gas supply organizations, including personal gas analyzers, self-contained breathing apparatuses, laser methane detectors, and removable formwork. The proposed system reduces the risks of explosion, poisoning, and soil collapse, takes into account the individual features of specialists, and improves operational readiness, reducing vulnerability to human error and providing effective protection in dangerous environments.

Keywords: gas- dangerous work, personal protective equipment (PPE), industrial safety, heat and gas supply organizations, gas analyzer, laser detector, carbon monoxide (CO), self-contained breathing apparatus, removable formwork, industrial injuries.

Эксплуатация систем газораспределения и теплогазоснабжения, связанная с выполнением газоопасных работ в загазованной среде или с риском выхода газа, относится к деятельности с высоким уровнем профессионального риска. Этот риск предопределен физико-химическими свойствами природного газа, главным образом метана: способностью образовывать с воздухом взрывоопасные смеси и отсутствием органолептических признаков, а также токсичностью продуктов его сгорания, прежде всего угарного газа (CO) [1–3].

Несмотря на жесткую нормативную регламентацию, статистика производственного травматизма в отрасли остается высокой, со значительной долей несчастных случаев от взрывов, отравлений и обрушений грунта. Данные исследований свидетельствуют, что ключевыми причинами часто выступают неудовлетворительная организация работ, нарушения дисциплины и, что критически важно, неприменение выданных средств индивидуальной защиты (СИЗ), что указывает на системные недостатки существующего подхода.

Традиционная экипировка, представляющая собой набор стандартных защитных барьеров, не всегда учитывает ключевой фактор многих инцидентов – несвоевременное применение защиты, обусловленное когнитивными ограничениями человека при выполнении сложных операций. Таким образом, назрела смена общепринятого подхода к стандартам экипировки: от защиты «человека от среды» к защите «внимания и возможностей человека в среде».

Следовательно, актуальной является задача не просто формального соблюдения норм, а внедрения интеллектуальных и превентивных решений, интегрированных в рабочий процесс. Целью данной статьи является предложение и обоснование концепции адаптивной, персонализированной системы безопасности. Эта система должна, посредством современных технологий (таких как персональные газоанализаторы, лазерные детекторы метана, индивидуаль-

ные самоспасатели и съемная опалубка), компенсировать когнитивные и сенсорные ограничения специалиста, формируя устойчивую ситуационную осведомленность и создавая эффективную многоуровневую защиту персонала.

Основными опасными факторами при проведении газоопасных работ являются:

- взрыв газозооушной смеси из-за опасной концентрации метана;
- отравление угарным газом (СО) при обслуживании оборудования или в результате пожаров;
- обрушение грунта при земляных работах (шурфовка, ремонт).

Для противодействия этим угрозам существует традиционный комплект экипировки, которая предусматривает в первую очередь защиту жизни и здоровья, куда можно отнести средства индивидуальной защиты: спецодежду и обувь, противогаз шланговый, спасательный пояс для работ в колодцах, портативный газоанализатор с портативным термокаталитическими (термохимическими) датчиками для контроля загазованности, каску, защитные очки, рукавицы, маску [4].

Указанное оборудование, в том числе портативный газоанализатор с термокаталитическими датчиками, обладает рядом ограничений, создающих «слепые зоны» (пробелы) в обеспечении безопасности:

- точечный и периодический характер контроля: приборы используются для выборочных замеров, что оставляет непокрытыми значительные интервалы времени и пространства, создавая иллюзию безопасности, в то время как аварийная ситуация развивается непрерывно;
- пробел в персональном мониторинге: контроль проводится «для площадки», в то время как воздух в непосредственной дыхательной зоне конкретного сотрудника, занятого работой в стесненных условиях, может иметь иной, более опасный состав;
- техническая уязвимость: термокаталитические сенсоры подвержены отравлению (потере чувствительности вследствие химического воздействия) и, как следствие, могут отмечаться изменения относительной чувствительности датчиков с течением времени;
- фокусирование внимания: при выполнении технологической операции на одном элементе системы газоснабжения, сотрудник может не заметить других повреждений;
- неочевидный риск отравления угарным газом (СО): угарный газ, не обладающий характерными для других газов вкусом, цветом и запахом, существует в сознании как «опасность из инструкции»;
- пассивность и неоперативность защиты от обрушения: применение традиционных деревянных опалубок трудоемко и не всегда оперативно, а в момент установки риск обрушения все равно присутствует, что провоцирует выполнение опасных работ без должного укрепления стенок котлованов.

Перечисленные недостатки применения портативного термокаталитического газоанализатора являются не следствием халатности персонала, а системным дефектом модели, не учитывающей когнитивные особенности восприятия риска человеком в динамично меняющейся рабочей обстановке.

Для преодоления системных ограничений традиционной модели предлагается переход от набора разрозненных средств к адаптивной системе безопасности, построенной на принципе компенсации когнитивных и сенсорных дефицитов.

Система строится на трех взаимодополняющих модулях, входящих в двухуровневую структуру, где компонентами являются индивидуальная защита сотрудника и оснащение бригады и рабочей зоны.

Рассмотрим состав и содержание системы.

Модуль 1. Персональный газоанализатор (Расширение внимания и времени реакции). Это персональный ассистент, крепящийся на верхней одежде в области дыхательных путей (например, «Сенсон-В-1005»). Его задача обеспечить контроль вдыхаемого воздуха и при достижении опасных концентраций контролируемого газа в зоне проведения работ, подать сигнал (вибрация, свет, звук), что позволит сотруднику, сфокусированному на выполнении сложной операции, принять своевременные меры по реагированию на возникающую опасность.

Прибор отслеживает следующие газы: кислород (O_2), угарный газ (CO), сероводород (H_2S), оксид азота (NO), диоксид азота (NO_2), аммиак (NH_3), диоксид серы (SO_2), метан (CH_4), диоксид углерода (CO_2) [5, 6].

Модуль 2. Индивидуальный самоспасатель. В него входит фильтрующий самоспасатель (типа «Шанс»), который переосмысливается из средства хранения в тактический инструмент экстренного реагирования, размещенный в быстродоступном подсумке. Его цель – обеспечить индивидуальную защиту при внезапной угрозе отравления угарным газом (CO). Процесс надевания (15...20 секунд) превращается в моторный навык, где сигнал от персонального газоанализатора становится прямым триггером к действию, минимизируя время на принятие решения в панической ситуации.

Уровень оснащения бригады (расширение сенсорных возможностей и инженерная защита) отражается в содержании Модуля 3. Это лазерный детектор метана, предназначенный для дистанционного мониторинга зоны проведения газоопасных работ.

Для расширения коллективного «зрения» бригады применяются портативные лазерные детекторы (например, «ЛПД М-30»), построенные на использовании технологии TDLS. Свое название технология TDLS получила от первых букв аббревиатуры «tunable diode laser absorption spectroscopy», что может быть переведено с английского как «диодно-лазерная абсорбционная спектроскопия».

Принцип работы лазерных детекторов метана основан на излучении лазерного луча (с длиной волны, соответствующей линии поглощения метана), который отражается от топографического объекта (земля, стена и т.д.) и возвращается в приемный канал оптической системы. Концентрация измеряется на всем пути излучения лазера [7]. Это позволяет дистанционно и бесконтактно сканировать обширные площади и труднодоступные зоны.

Технология обладает высокой надежностью, повышает точность определения утечек газа, не требует частой калибровки, позволяет обнаруживать малые утечки, а также провести контроль труднодоступных мест, сокращая время нахождения персонала в опасной зоне.

Съемная опалубка. Для системного решения проблемы обрушения грунта при производстве земляных работ в газовом хозяйстве предлагается замена кустарных деревянных крепей на комплекты съемной опалубки заводского изготовления. Конструкция из щитов, стоек и распорок позволяет проводить их быстрый монтаж/демонтаж на месте выполнения работ, обеспечивая оперативность установки и защиту стенок котлованов и траншей от обрушения, позволяет корректировать их габаритные размеры, исходя из габаритов котлована или траншеи.

Максимальный эффект достигается не при отдельном использовании средств защиты жизни и здоровья сотрудников теплогазоснабжающих организаций, а при объединенной работе всех модулей вместе.

Рассмотрим этапы работы адаптивной системы.

Этап планирования: бригада с помощью лазерного детектора метана дистанционно проводит мониторинг зоны проведения газоопасных работ, выявляя источники утечки.

Этап выполнения работ: каждый сотрудник действует под защитой своего персонального газоанализатора, что позволяет полностью сконцентрироваться на работе.

Этап реагирования на возникшую опасность: при угрозе (например, выброса угарного газа) персональный газоанализатор оповещает конкретного работника, что является сигналом к применению индивидуального самоспасателя; руководитель, используя данные лазерного детектора и газоанализатора, принимает обоснованное решение об эвакуации или изменении плана выполнения работ.

Современные задачи в области промышленной безопасности теплогазоснабжающих организаций требуют перехода от реагирования на происшествия к их предотвращению. Предлагается подход, который ставит человека в центр внимания и помогает лучше справляться с этими задачами за счет использования новой экипировки, подстраивающейся под условия работы. Этот подход отказывается от взгляда на человека как на слабое звено, которое нужно оградить инструкциями и статичными средствами защиты. Вместо этого предлагается использовать технологии, чтобы помочь людям лучше воспринимать окружающее и меньше отвлекаться на посторонние факторы.

Предложенные технические решения – персональный газоанализатор, индивидуальный самоспасатель, лазерный детектор метана и съемная опалубка – работают вместе, создавая комплексную защиту. Их использование помогает заранее предотвращать опасности: индивидуальные устройства защищают каждого человека, компенсируют ошибки внимания и позволяют быстрее реагировать, а предлагаемое оснащение бригады повышает безопасность всей рабочей зоны.

Ключевая идея заключается в том, что средства защиты перестают быть просто оборудованием для выполнения норм и превращаются в инструменты, которые помогают специалисту быть внимательным и защищенным во время работы. Это означает переход от безопасности как состояния («я экипирован») к безопасности как процессу («я осведомлен и использую современные технологии»).

Практический результат такого подхода – это улучшение защиты людей благодаря постоянному контролю, уменьшение травм за счет быстрых инженерных решений, экономия за счет предотвращения аварий и роста производительности, а также создание настоящей культуры безопасности, где технологии дополняют, а не заменяют внимательность и опыт специалистов.

Уже на текущем технологическом уровне предложенный подход позволяет совершить качественный скачок от формального соблюдения требований к созданию устойчивой, персонализированной и технологически оснащенной системы безопасности в газовом хозяйстве.

Список используемой литературы

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/6e24082b0e98e57a0d005f9c20016b1393e16380/ (Дата обращения: 18.05.2026).
2. О газоснабжении в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.03.1999 № 69-ФЗ (ред. от 28.12.2024) [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22576/ (Дата обращения: 18.05.2026).
3. Об утверждении Технического регламента о безопасности сетей газораспределения и газопотребления: постановление Правительства РФ от 29.10.2010 № 870 [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_106452/d063a7ac1ac4dcc6d81f324cdc332a1cb6f20510/ (Дата обращения: 18.05.2026).

4. ГОСТ 34741-2021. Системы газораспределительные. Требования к эксплуатации сетей газораспределения природного газа [Электронный ресурс] // База ГОСТ, ГОСТ Р – национальные стандарты России. – https://rosgosts.ru/file/gost/75/180/gost_34741-2021.pdf (Дата обращения: 18.05.2026).

5. Ионин, А.А. Газоснабжение: Учебник для вузов / А.А. Ионин. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.

6. Руководство по эксплуатации газоанализатора «Сенсон-В-1005» [Электронный ресурс] // СЕНСОН – Производство и продажа газоанализаторов № 1 в России и СНГ. – Режим доступа: <https://senson.ru/wp-content/uploads/2020/12/re-ga-senson-v-1005.pdf> (Дата обращения: 18.05.2026).

7. Ручной дистанционный лазерный детектор метана ЛПД М-30 [Электронный ресурс] // Диагностическое оборудование для промышленной безопасности. – Режим доступа: https://www.pergam.ru/catalog/gas_leaks/portable-detectors/lpd-m-30.htm (Дата обращения: 18.05.2026).

УДК 622.691.4

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОМУ ОБОСНОВАНИЮ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ВНУТРЕННИХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ

А.А. Никифорова (студент)¹, Н.В. Журавлева (ст. преп., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа ЗСмгд-125

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: В статье представлены технико-экономические показатели, на основании которых можно обосновать необходимость и целесообразность капитального ремонта газовых сетей внутри многоквартирных домов.

Ключевые слова: системы газоснабжения, капитальный ремонт, многоквартирный дом, технико-экономическое обоснование.

MODERN APPROACH TO THE FEASIBILITY STUDY OF INTERNAL GAS SUPPLY SYSTEMS' OVERHAUL IN APARTMENT BUILDINGS

A.A. Nikiforova (student)¹, N.V. Zhuravleva (senior lecturer)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group ZSmgd-125

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: The article presents technical and economic indicators that can be used to justify the necessity and expediency of major repairs of gas networks inside apartment buildings.

Keywords: gas supply systems, major repairs, apartment building, feasibility study.

В настоящее время внутренние системы газоснабжения выполняют двойственную функцию: это критически важный инженерный комплекс и одновременно – коммерческий канал транспортировки природного газа. Любой перерыв в их работе ведет не только к нарушению коммунального обеспечения, но и к прямым убыткам для поставщиков услуг. Даже с учетом того, что на жилой сектор Москвы приходится относительно небольшая доля общего потребления газа (около 10%), в абсолютном денежном выражении эти объемы представляют собой значительную сумму. Принимая во внимание масштабы жилищного фонда столицы, можно предположить, что даже незначительный процент (1...2%) квартир с негерметичными соединениями в газовой арматуре приводит не только к возрастающим рискам для безопасности, но и к существенным финансовым потерям, связанным с постоянными утечками оплачиваемого ресурса. Это делает экономическое обоснование превентивного капитального ремонта не менее важным, чем его техническая необходимость.

Для формирования целевого перечня технических мероприятий, обеспечивающих максимальную эффективность и долгосрочный результат при проведении капитального ремонта необходимо провести анализ конструктивных особенностей внутренних систем газоснабжения в многоквартирных домах, а также оценить ключевые эксплуатационные характеристики.

Внутренние системы газоснабжения многоквартирных жилых домов представляют собой комплексный инженерно-технический объект, предназначенный для транспортировки, распределения и подачи природного газа от ввода в здание до конечных газоиспользующих приборов [1]. Конструктивно система формируется газопроводами (традиционно стальными, а в современных решениях – медными или полимерными), арматурой (запорной, регулирующей, предохранительной), устройствами контроля и учета (счетчики, датчики), оборудованием для подготовки газа (фильтры) и конечным газопотребляющим оборудованием (плиты, котлы). Техническое состояние и функциональная согласованность этих компонентов в совокупности определяют ключевые эксплуатационные свойства системы: ее надежность, безопасность и ремонтпригодность.

Элементы системы, перечисленные выше, подвергаются капитальному ремонту после снижения вероятности их безотказной работы. Надежность работы элементов можно выразить рядом математических функций, из которых можно выделить несколько ключевых, это:

- вероятность безотказной работы: $P(t) = e^{-\lambda t}$, где t – время;
- вероятность отказа элемента: $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$;
- плотность вероятности отказов: $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$.

Данные формулы позволяют количественно оценить надежность элементов внутренних систем газоснабжения, подлежащих капитальному ремонту. Поскольку целью такого ремонта является восстановление работоспособности уже отказавших узлов, ключевым свойством системы выступает ее ремонтпригодность. Это свойство определяется способностью системы к своевременному выявлению, локализации и устранению причин отказа. Таким образом, основным критерием, количественно характеризующим ремонтпригодность, является время восстановления работоспособности системы после выхода из строя ее отдельного элемента.

Анализ безопасности внутренних систем газораспределения требует комплексного подхода, поскольку ее нарушение может быть вызвано не единственной причиной, а совокупностью факторов риска. Примером подобной угрозы может служить внедрение устаревших проектных решений на фоне хорошо изученных опасностей, а также сочетание низкакаче-

ственного оборудования с неквалифицированным техническим обслуживанием. Таким образом, именно системное исследование и оценка возможных комбинаций предпосылок позволяют сформировать наиболее полную картину потенциальных рисков и вероятность возникновения аварийной ситуации на конкретном объекте.

Исторически основным критерием необходимости капремонта служили нормативные сроки службы элементов (стояков, разводок, запорной арматуры), определенные в 30...50 лет [1–7]. Однако эти нормативы не учитывают реальные условия эксплуатации (качество газа, температурно-влажностный режим, вибрационные нагрузки), что приводит к преждевременному износу или, наоборот, неоправданному запасу ресурса.

В основе современного подхода лежит концепция полной стоимости владения, которая рассматривает затраты на протяжении всего жизненного цикла системы. Технико-экономическое обоснование становится не разовым расчетом сметы, а комплексным анализом, объединяющим несколько ключевых финансовых компонентов. К ним относятся капитальные вложения (материалы, работы, проектирование), регулярные эксплуатационные расходы (техническое обслуживание, диагностика), затраты на устранение отказов (аварийный ремонт, штрафы), а также стоимость потенциальных рисков, переведенная в денежный эквивалент через оценку вероятного ущерба имуществу, жизни и здоровью. Завершает анализ учет остаточной стоимости – потенциальной выгоды от модернизации, такой как установка современных приборов учета.

В настоящее время для оценки общего состояния системы внутреннего газоснабжения используются не только визуальный осмотр и инструментальная проверка плотности, но и современные методы: ультразвуковая толщинометрия, газоаналитический контроль коррозионной активности, сканирование внутренней поверхности. Данные методы позволяют прогнозировать скорость деградации материалов в реальных условиях эксплуатации и обосновывать сроки проведения ремонтных мероприятий.

Программа капитального ремонта внутренних систем газоснабжения направлена на обеспечение надежного и безопасного снабжения природным газом для потребителей. Основной целью данной программы является повышение устойчивости и безопасности газораспределительных систем, что позволяет минимизировать риск утечек газа и связанных с ними аварийных ситуаций.

В рамках программы планируется внедрение современных технологий, включая приварные шаровые краны и высокоточные микротермальные или ультразвуковые счетчики газа. Эти новшества не только увеличивают срок службы оборудования, но и позволяют значительно продлить интервалы между его поверками, что также снижает вероятность возникновения утечек в процессе эксплуатации.

Таким образом, экономическая целесообразность капитального ремонта внутренних газовых систем в многоквартирных домах столицы заключается не только в повышении безопасности, но и в снижении эксплуатационных затрат на обслуживание этих систем.

Капитальный ремонт внутренних систем газоснабжения является важным этапом обеспечения безопасности и надежности газоснабжения в многоквартирных домах. Вся проектная документация, выполненная в соответствии с нормами и стандартами РФ, подлежит обязательной экспертизе в уполномоченном органе, таким как Мосгорэкспертиза в Москве.

Экспертная организация проводит тщательную проверку проекта на соответствие техническим решениям требованиям нормативных документов, а также анализирует сметную документацию на соответствие уровням текущих цен. Это необходимо для обеспечения экономической целесообразности и соответствия проектных решений актуальным требованиям.

После получения положительного заключения экспертизы документация направляется на согласование с уполномоченной службой ГРО, которая выдала технические условия на выполнение работ. Это согласование является важным этапом, так как оно подтверждает соответствие проекта установленным требованиям и условиям эксплуатации.

На основе одобренной проектной документации разрабатывается рабочая документация, которая учитывает все особенности конкретного здания. Она детализирует узлы креплений газопровода, а также пересечения с другими строительными конструкциями. Капитальный ремонт внутренних систем газоснабжения осуществляется строго в соответствии с этой рабочей документацией, что обеспечивает высокое качество выполняемых работ и минимизирует риски возникновения аварийных ситуаций.

Выполнение строительно-монтажных работ допускается исключительно при обеспечении комплексного контроля: авторского сопровождения со стороны проектной организации и технического надзора специалистами ГРО. Дополнительный надзор за соблюдением норм осуществляют уполномоченные органы г. Москвы, выдавшие разрешение на строительство. Любые корректировки проектных решений требуют обязательного согласования с авторами проекта (или профильной организацией при наличии их письменного согласия). Каждое отклонение подлежит обязательной фиксации представителями технического, авторского и государственного строительного надзора, а также Ростехнадзора [2, 4].

Повышение эксплуатационной надежности внутридомовых газовых систем предлагается обеспечить через развитие культуры безопасности среди потребителей. Ключевым инструментом станет информационно-просветительская работа: проведение инструктажей и распространение наглядных пособий (памяток, инфографики) в ходе технического обслуживания или первичного подключения. Особое внимание следует уделить разъяснению критической важности регулярного диагностирования оборудования для предотвращения аварийных ситуаций.

Фундаментальные принципы технико-экономической эффективности капитального ремонта систем газоснабжения:

- 1) комплексная диагностика – ремонту предшествует глубокий технический аудит всей системы внутреннего газораспределения в совокупности;
- 2) правовая база – проведение работ легитимизируется техническими условиями ГРО, распоряжениями профильных ведомств г. Москвы и официальным решением собственников объекта;
- 3) нормативное соответствие – проектирование ведется в строгом соответствии с федеральными стандартами РФ с обязательной адаптацией под специфику столичного региона;
- 4) верификация и согласование - проектно-сметная документация (ПСД) проходит обязательную государственную экспертизу и процедуру утверждения всеми заинтересованными сторонами, включая заказчика и балансодержателя;
- 5) технологическая дисциплина – строительно-монтажные и пусконаладочные работы выполняются строго по утвержденным чертежам при соблюдении действующих регламентов безопасности;
- 6) экономическая эффективность – полная модернизация сетей минимизирует риски аварийных утечек и существенно сокращает затраты на последующую эксплуатацию.

Список используемой литературы

1. О газоснабжении в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.03.1999 № 69-ФЗ (ред. от 28.12.2024) [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22576/ (Дата обращения: 18.05.2026).
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 08.12.2020) [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/6e24082b0e98e57a0d005f9c20016b1393e16380/ (Дата обращения: 18.05.2026).
3. О техническом регулировании: Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/ (Дата обращения: 18.05.2026).
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (Дата обращения: 18.05.2026).
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (Дата обращения: 18.05.2026).
6. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/ (Дата обращения: 18.05.2026).
7. Об утверждении Технического регламента о безопасности сетей газораспределения и газопотребления: постановление Правительства РФ от 29.10.2010 № 870 (ред. от 14.12.2018) [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_106452/d063a7ac1ac4dcc6d81f324cdc332a1cb6f20510/ (Дата обращения: 18.05.2026).

УДК 621.182

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОВЫХ КАСКАДНЫХ КОТЕЛЬНЫХ НА ОБЪЕКТАХ АДМИНИСТРАТИВНО-БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ И В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ

Д.С. Пиголкин (студент)¹, М.В. Шеногин (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа Смг-425

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Выполнен анализ рынка теплогенерирующего оборудования, на основании которого выполнен подбор наиболее эффективных котлов для оборудования каскадных котельных с целью повышения их КПД.

Ключевые слова: газификация, котлоагрегаты, техническое устройство, сравнительный анализ, котельная, тепловая схема.

APPLICATION OF GAS CASCADE BOILERS IN ADMINISTRATIVE AND HOUSEHOLD FACILITIES AND IN APARTMENT BUILDINGS

D.S. Pigolkin (student)¹, M.V. Shenogin (associate professor)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group Smg-425

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: The article analyzes the market of heat-generating equipment and selects the most efficient boilers for cascade boiler houses in order to increase their efficiency.

Keywords: gasification, boiler units, technical device, comparative analysis, boiler house, thermal scheme.

Каскадная котельная – это совокупность теплогенерирующего оборудования, в которой несколько котлов объединены в единый комплекс и работают параллельно под управлением автоматизированной системы. Для определения общей тепловой мощности котельной, а также для подбора необходимого количества котлов, индивидуально для каждой котельной производится расчет тепловых нагрузок [1–6].

Рассмотрим в качестве примера интегрированную в административно-бытовое здание котельную с общей тепловой нагрузкой 1,74 МВт, распределение нагрузок по потребителям [Ошибка! Источник ссылки не найден.] в зависимости от времени года см. в табл. **Ошибка! Источник ссылки не найден. 1.**

Таблица 1 – Тепловая мощность котельной, МВт

Расчетный режим	Расходы тепла инженерными системами, МВт				
	Расход тепла на отопление	Расход тепла на вентиляцию	Расход тепла на ГВС	Расход тепла на собственные нужды	Общий расход теплоты
Наиболее холодный период $t_{н} = -26^{\circ} \text{C}$	470,3	119,7	275,1	10,2	875,3
Переходный период $t_{н} = -11,1^{\circ} \text{C}$	304,1	119,7	275,1	7,1	706
Летний период $t_{н} = +23^{\circ} \text{C}$	-	-	241,2	-	241,2

Современные автономные источники теплоснабжения, интегрированные в многоэтажные жилые дома и в объекты социального, административного, культурно-бытового назначения, – это, как правило, крышные котельные тепловой мощностью 0,3...2,0 МВт, причем для многоэтажных жилых домов тепловая мощность крышных котельных обычно не превышает 1,0...1,2 МВт. Оборудуются такие котельные также, как предложенная в примере котельная на 0,9 МВт, т.е. в тепловой схеме в качестве теплогенераторов принимается 2...3 однотипных газовых котла. В зависимости от тепловой мощности эти котлы могут быть оборудованы либо атмосферной, либо наддувной горелкой. Принципиальная компоновка котельной с тремя котлами см. на рис. 1.

Работу в каскадном режиме такой установки обеспечивает каскадный модуль, при котором один котел становится ведущим, а второй – ведомым. Ведущий котел работает не постоянно, так же, как и ведомый, при минимальной нагрузке через заданные временные интервалы котлы переключаются между собой, что поддерживать одинаковое число часов работы, и, соответственно, равномерный износ. Несмотря на все достоинства таких систем и достаточно высоки КПД теплогенераторов, который составляет 91...93 %, при этом общекотельный КПД не находится в пределах 89...91 %.

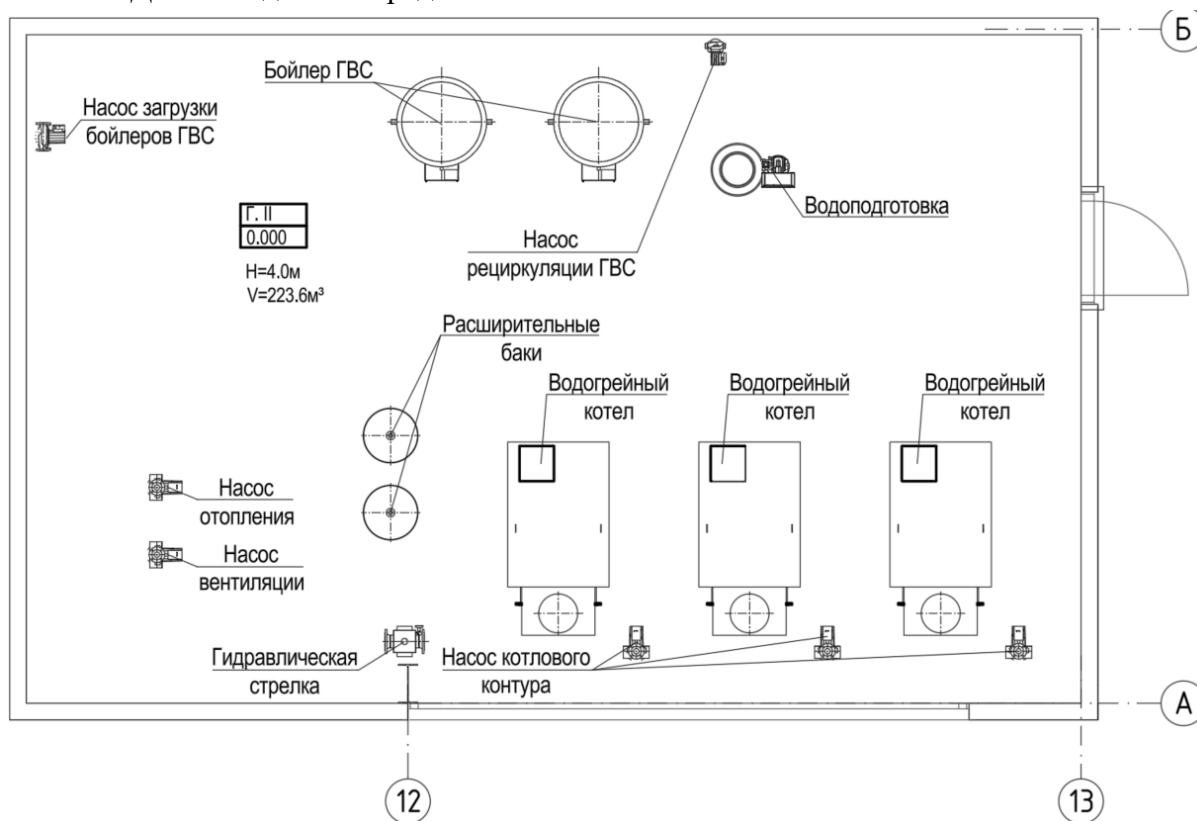


Рисунок 1 – Каскадная котельная с тремя водогрейными котлами

Для рассматриваемой в качестве примера в этой работе котельной тепловой мощностью 0,9 МВт, можно подобрать многокотельную установку, состоящую из 6 или 9 настенных котлов единичной тепловой мощностью 150 кВт или 100 кВт соответственно.

Если рассматривать в качестве основного оборудования котлы типа «Viessmann Vitodens 200-W» тепловой мощностью 150 кВт [5], то это оборудование представляет собой компактный настенный модуль, поставляемый потребителю в собранном и уже готовом к эксплуатации виде. Котел предназначен для работы на природном газе и сжиженном газе. Основные характеристики котла представлены в табл. 2 конструкция и система управления настенных конденсационных котлов типа «viessmann vitodens 200-w» [ошибка! источник ссылки не найден.] позволяет объединять их в каскадные модули с общим количеством котлов до 10 штук, в данном случае каскадный модуль состоит из 6 котлов.

совершенствование каскадных котельных – это прежде всего повышение их эффективности, которое может достигаться за счет следующих мероприятий: быстрого монтажа; высокого КПД; простой и недорогой эксплуатации.

сравнивая варианты каскадной котельной тепловой мощностью 0,9 мвт, которая была принята нами в качестве примера, с обычными водогрейными котлами и настенными конденсационными котлами, можно с уверенностью утверждать, что применение настенных котлов

обеспечит более быстрый монтаж. для конденсационных котлов применяются готовые сборные узлы, включающие в себя циркуляционные насосы и запорно-регулирующую арматуру (см. рис. 2), которые соединяются между собой при помощи быстросъемных соединений. такой подход экономит время по установке и обвязки котлов в 3...4 раза.

таблица .

Конструкция и система управления настенных конденсационных котлов типа «Viessmann Vitodens 200-W» [Ошибка! Источник ссылки не найден.] позволяет объединять их в каскадные модули с общим количеством котлов до 10 штук, в данном случае каскадный модуль состоит из 6 котлов.

Совершенствование каскадных котельных – это прежде всего повышение их эффективности, которое может достигаться за счет следующих мероприятий: быстрого монтажа; высокого КПД; простой и недорогой эксплуатации.

Сравнивая варианты каскадной котельной тепловой мощностью 0,9 МВт, которая была принята нами в качестве примера, с обычными водогрейными котлами и настенными конденсационными котлами, можно с уверенностью утверждать, что применение настенных котлов обеспечит более быстрый монтаж. Для конденсационных котлов применяются готовые сборные узлы, включающие в себя циркуляционные насосы и запорно-регулирующую арматуру (см. рис. 2), которые соединяются между собой при помощи быстросъемных соединений. Такой подход экономит время по установке и обвязки котлов в 3...4 раза.

Таблица 2 – Основные характеристики котла «Viessmann Vitodens 200-W»

№ п/п	Наименование	Ед, изм.	Величина
1	Номинальная тепловая мощность	кВт	150
2	Допустимая температура подающей магистрали	°С	80
3	Максимальное давление воды в котле, не более	бар	4
4	Объем теплообменника	л	14,0
5	Вес котла	кг	130,0
6	Патрубки подающей и обратной магистрали	Ду	25
7	Сопротивление на стороне топочных газов	мбар	2,5
8	Температура отходящих газов при номинальной тепловой мощности	°С	75
9	Патрубок коаксиальный отходящих газов (диаметр)	мм	125/150
10	Нормативный КПД (при температуре отопительной системы 80/60 °С)	%	98
11	Расход природного газа	м ³ /ч	15,03

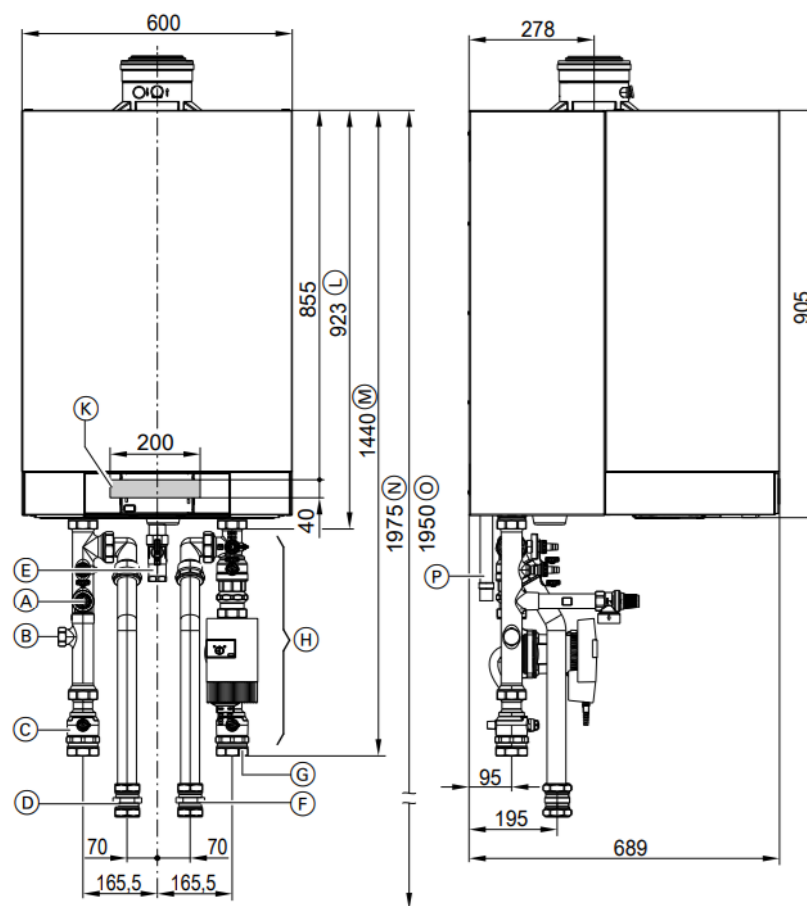


Рисунок 2 – Котел с присоединительным узлом

Одним из преимуществ применения настенных конденсационных котлов в составе каскадной котельной является экономия места при их размещении. Для напольных котлов тепловой мощностью 300...330 кВт (котельная, взятая в качестве примера в данной работе тепловой мощностью 0,9 МВт) необходимы технические проходы, обеспечивающие доступ ко всем узлам котлов, как правило, ширина этих проходов нормирована – не менее 0,8 м. Такие же проходы необходимы между котлами и остальным тепломеханическим оборудованием. Перед фронтом каждого котла должно быть выдержано расстояние не менее 1,0 м от горелки котла до выступающей части либо элементов оборудования котельной, либо ограждающих конструкций. Тыльная часть котла должна располагаться от стены на расстоянии, позволяющем производить ревизию горизонтального участка дымового канал, на котором должен быть штуцер, для возможности произведения замеров состава уходящих дымовых газов при проведении пуско-наладочных и режим-наладочных испытаний.

При установке конденсационных котлов расстояние не менее 1,0 м перед фронтом котла также необходимо, т.к. все обслуживание котла предусматривается через переднюю, съемную панель, однако, расстояние между боковыми стенками соседних котлов может составлять 0,1 м [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Это расстояние обусловлено тем, что все подводящие линии (теплоносителя, топлива, дренажа) расположены снизу котла, а боковые пространства нужны только для снятия лицевой панели. Компоновка котлов предусматривается на отдельной раме с использованием специального присоединительного модуля, который также поставляется производителем котлов.

При такой планировке возможно сэкономить до 25 общего пространства котельной, при этом габариты помещения уменьшатся до 3,0×4,5 м. Уменьшение габаритов котельной

снижают затраты на ее строительство, также такое решение позволяет уменьшить воздухообмен и снизить тепловую нагрузку на собственные нужды.

Применительно к центральному региону страны (например, Владимирской области) годовая выработка тепла составит 1 982 078 кВт.

При работе водогрейных котлов расход природного газа при среднем КПД 91% составит 234,15 тыс. м³/год. При работе конденсационных котлов при той же выработке тепла и при среднем КПД 96% расход природного газа составит 221,95 тыс. м³/год. При стоимости газа на сегодняшний день 7,61 руб./м³, экономия на топливе составляет более 90 000 руб. в год. Кроме этого, при работе настенных котлов в минимальных температурных диапазонах, дополнительно будет экономиться электрическая энергия.

Единственный недостаток конденсационных котлов – высокая цена, которая осложняется отсутствием отечественных разработок и поставкой импортного оборудования по параллельному импорту. На основании оригинального прайс-листа компании «Viessmann» [Ошибка! Источник ссылки не найден.] стоимость комплекта водогрейных котлов с газовыми горелками составляет примерно 51 000 €.

Стоимость модуля из шести настенных конденсационных котлов на раме с комплектом гидравлического присоединения и запорной арматуры для каждого котла, с гидравлическим разделителем, общим дымоотводом, системой управления и каскадным модулем составит 60 000 €.

Стоимость напольных котлов получается меньше на 9 тыс. € (15%), однако, если учитывать стоимость дымоходов для каждого из котлов, стоимость гидравлического разделителя и подводящих трубопроводов, разница в цене значительно уменьшится. С учетом того, что настенные конденсационные котлы проще и быстрее монтировать, а также за счет экономии на трубах и фитингах эта разница в цене нивелируется.

Анализ котельного оборудования, представленного на отечественном рынке, поставляемого официально или по параллельному импорту позволил выбрать наиболее подходящее теплогенерирующее оборудование для каскадных котельных, интегрированных в жилые, административно-бытовые и культурно-досуговые здания.

В результате сравнения различных вариантов для повышения эффективности каскадных котельных можно сделать следующие выводы:

- наиболее перспективным оборудованием для каскадных котельных являются настенные конденсационные котлы, объединенные в модульную систему;
- настенные конденсационные котлы позволяют уменьшать габариты котельных;
- применение модульных систем из настенных котлов значительно сокращает срок производства работ и облегчает монтаж котельных;
- использование конденсационного оборудования с высоким КПД позволяет экономить на топливно-энергетических ресурсах и гибко реагировать на изменение тепловой нагрузки.

Список используемой литературы

1. Методика определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200034354> (Дата обращения 18.05.2026).

2. СП 89.13330.2016. Котельные установки [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054199> (Дата обращения 18.05.2026).
3. СП 373.1325800.2018. Источники теплоснабжения автономные. Правила проектирования [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/550965728> (Дата обращения 18.05.2026).
4. СП 62.13330.2011*. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 (с Изм. № 1, 2, 3, 4) [Электронный ресурс] // Техкранэнерго – Портал нормативных документов. – Режим доступа: <https://tk-expert.ru/uploads/files/ntd/ntd-613-20220510-202707.pdf> (Дата обращения 18.05.2026).
5. Продукция Viessmann от лидера производства отопительного оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://viessmann-rus.ru/product/> (Дата обращения 18.05.2026).
6. Справочник проектировщика по отоплению. Часть 1 / Под ред. И.Г. Старовойта, Ю.И. Шиллера – М.: Стройиздат, 1990. – 343 с.
7. СП 402.1325800.2018. Здания жилые. Правила проектирования систем газопотребления (с Изм. № 1) [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/552150108> (Дата обращения 18.05.2026).

УДК 622.691.5

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ

А.С. Глаголев (студент)¹, Н.В. Журавлева (ст. преп., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа ЗСмгд-124

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Развитие современных программных комплексов в строительстве стало возможно благодаря системам автоматизированного проектирования (САПР). Эти компьютерные графические инструменты возникли в результате повсеместной цифровизации и заменили собой трудоемкие ручные расчеты и черчение.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования (САПР), моделирование процессов, газоснабжение, проектирование, программные средства, анализ данных.

APPLICATION OF MODERN SOFTWARE SYSTEMS FOR GAS NETWORKS DESIGN

A.S. Glagolev (student)¹, N.V. Zhuravleva (senior lecturer)²

¹ *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group ZSmgd-124*

² *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair*

Abstract: The development of modern software systems in construction has become possible due to computer-aided design systems. Those computer graphics tools occurred as a result of widespread digitalization and substituted hard manual calculations and drawing.

Keywords: computer-aided design (CAD) system, process modeling, gas supply, design, software, data analysis.

Проектирование и математическое моделирование в строительстве – это комплексный процесс, посвященный не только архитектурной планировке зданий или разработке отдельного узла или целого элемента, но и принципиальный подход выполнения архитектурно-строительной или конструкторской документации, включающий в себя все необходимые расчеты, обосновывающие прочностные свойства элементов и конструкции в целом, подтверждающие основные характеристики объектов и их отдельно взятых элементов. Сегодня проектирование и математическое моделирование выполняется не только в отношении зданий и сооружений, но в отношении линейных сооружений, к которым относятся распределительные сети инженерно-технического обеспечения (водопроводы, газопроводы, теплотрассы, системы канализации, системы электроснабжения и т.п.). В строительной отрасли формат объема необходимых проектных работ и требуемых расчетов определяется законодательством каждой страны, в РФ – это технические регламенты, отдельные федеральные законы, своды правил, государственные стандарты, санитарные нормы и т.п. Строительное проектирование в России – это сложный комплекс создания графических и расчетных материалов, по которым объект можно построить и ввести в эксплуатацию. В нормативных документах по проектированию в РФ кроме требований к оформлению и составу проектов приводятся методики расчетов, которые ложатся в основу расчетных программных комплексов требуемых характеристик проектируемого объекта.

При помощи систем автоматизированного проектирования – сокращенно САПР решаются комплексные задачи по анализу исходного материала, принятию технического решения и выпуску готовой проектной и рабочей документации. Комплексный подход решается за счет программных средств, объединяющих в себе технические и математические параметры, отвечающие требованиям конкретной особенности выполнения поставленных задач, т.е. с учетом конкретных процессов для конкретного объекта проектирования. Таким образом, Системы автоматизированного проектирования (САПР), в широком смысле этого термина, представляют собой комплексные организационно-технические системы, интегрирующие разнообразные средства автоматизации проектных процессов. Эти системы обеспечивают синергетическое взаимодействие с проектными подразделениями организации, что позволяет оптимизировать процессы разработки и реализации проектных решений.

С помощью современных систем автоматизации проектирования результаты проектирования различных объектов, при строительстве которых применялись инновационные технические решения, могут быть оперативно и доступно представлены проектировщику в удобной

для восприятия форме. Это позволяет ему в кратчайшие сроки проникнуть в суть проектных задач и принять обоснованные технические решения для их успешного решения.

Основная цель САПР – эффективное использование интеллектуального потенциала проектировщика, основанный на его профессиональном опыте, знаниях и уровне подготовки. Результат достижения этой цели минимизация участия в решении рутинных и нетворческих задач, связанных с выполнением расчетов и оформлением проектной документации.

Использование САПР в проектировании позволяет добиться следующих результатов:

- повышается техническое качество проектной документации;
- применяются новые технические решения поставленных задач;
- сокращаются общие сроки выполнения проектных работ;
- оперативно вносятся изменения с учетом изменившихся исходных данных в техническом задании;
- осуществляется подготовка проектно-сметной документации в современных цифровых форматах;
- возможность дополнения проектно-сметной документации унифицированными узлами, деталями и т.п., позволяющими сократить сроки строительно-монтажных работ;
- повышается общая эффективность управления процессами создания проектной документации.

В английском языке русскоязычному понятию САПР соответствует аббревиатура CAD (от англ. *computer-aided design*), подразумевающая использование компьютерных технологий в проектировании [1–3]. Сегодня, в зарубежных странах, классификация САПР по отраслевому назначению следующая:

- MCAD (от англ. *mechanical computer-aided design*) – системы автоматизированного проектирования механических устройств, применяемых в автомобилестроение, судостроении, авиакосмической промышленности, производстве товаров для народного потребления; система включает в себя автоматизированную разработку деталей и механизмов с использованием параметрического проектирования, в основе которого лежат конструктивные особенности элементов и технологии поверхностного и объемного моделирования;
- EDA (от англ. *electronic design automation*) или ECAD (англ. *electronic computer-aided design*) – системы автоматизированного проектирования электронных и радиоэлектронных средств и устройств, а также печатных плат, интегральных схем и т. п.;
- AEC CAD (от англ. *architecture, engineering and construction computer-aided design*) или CAAD (англ. *computer-aided architectural design*) – системы автоматизированного проектирования в строительстве и архитектуре.

По уровням сложности и многообразию решаемых задач системы CAD условно можно разделить на три уровня сложности:

- первый (нижний) уровень – это относятся программы, позволяющие создавать двухмерные модели в виде графическом виде (чертежи и эскизы);
- второй (средний) уровень – программные комплексы, позволяющие создавать трехмерные геометрические модели методом твердотельного моделирования для несложных изделий;
- третий (верхний) уровень – программные комплексы интегрированных многофункциональных систем, выполняющих объемно-поверхностное конструирование, расчетное обоснование полученной конструкции, создание цифровой модели, оформление конструкторской и технологической документации, подготовку производства [4].

Современные системы автоматизированного проектирования высшего уровня предоставляют комплексные возможности для проведения расчетов и математического моделирования, охватывая широкий спектр инженерных задач, таких как анализ напряжений и деформаций, тепловые процессы, а также характеристики потоков жидкостей и газов. Эти системы позволяют автоматизировать процесс оптимизации конструктивных решений и эксплуатационных параметров объектов, что значительно повышает эффективность и точность проектирования.

Интегрированные в САД-системы инструменты инженерного анализа преимущественно базируются на методе конечных элементов (МКЭ), который предполагает создание геометрической модели объекта, максимально приближенной к его реальной конфигурации, с исключением несущественных конструктивных элементов для упрощения вычислений. Эта модель, содержащая все необходимые для анализа параметры, передается в программный пакет анализа посредством стандартных интерфейсов.

Комплексные системы автоматизированного проектирования (САПР) объединяют в себе функционал для решения разнообразных задач, включая графическое моделирование, построение математических моделей, выполнение инженерных расчетов и управление производственными процессами. Такие системы обеспечивают синергетический эффект, оптимизируя процесс разработки и внедрения новых технических решений [5].

Структура любой САПР должна включать подсистемы, тесно интегрированные с организационной структурой проектного отдела. Это достигается посредством специализированных программных комплексов, предназначенных для решения последовательности функционально завершенных задач, что в конечном итоге приводит к получению проектно-конструкторских решений и завершенной проектной и рабочей документации. Эти комплексы состоят из подсистем, каждая из которых обладает всеми характеристиками полноценной САПР и может функционировать как самостоятельная единица. Специализированные комплексы являются производными от программно-методических и программно-технических решений, обеспечивая их интеграцию и взаимодействие в рамках единого информационного пространства.

Программно-методический комплекс (ПМК) – это совокупность взаимосвязанных частей математического, программного, методического, лингвистического, информационного обеспечения, необходимость которой заключается в получении законченного проектного решения по объекту проектирования.

Программно-технический комплекс (ПТК) – это совокупность программно-методических комплексов и средств технического обеспечения САПР.

Таким образом, понятия ПМК относятся прежде всего к программному обеспечению САПР, а понятие ПТК к техническому оснащению, т.е. очевидная взаимосвязанность этих составляющих может не отвечать общим требованиям САПР, если, например, программная часть требует больших вычислительных ресурсов, а установленное техническое оборудование не в состоянии обеспечить выполнение этих операций.

Список используемой литературы

1. Зуев, С. САПР на базе AutoCAD – как это делается / С. Зуев, Н. Полещук. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 1168 с.
2. Горбатов, В.А. САПР систем логического управления / В.А. Горбатов, А.В. Крылов, Н.В. Федоров. – М.: Высш. школа, 1988. – 229 с.
3. Климов, В.Е. Графические системы САПР / В.Е. Климов. – М.: Высш. школа, 1990. – 142 с.

4. Ушаков, Д.М. Введение в математические основы САПР / Д.М. Ушаков. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 208 с.
5. Норенков, И.П. Системы автоматизированного проектирования электронной и вычислительной аппаратуры / И.П. Норенков, В.Б. Маничев. – М.: Высш. школа, 1983. – 272 с.

УДК 697.245

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ВРЕМЕННОГО ГАЗОВОГО ОТОПЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

В.Ю. Шадрина (студент)¹, М.В. Шеногин (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа Смг-425

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: В работе рассмотрены современные методы организации временного отопления объектов в чрезвычайных ситуациях

Ключевые слова: отопление, чрезвычайные ситуации, мобильность, инфракрасные обогреватели, тепловые пушки, тепловые насосы, энергоэффективность.

MODERN APPROACHES TO THE ORGANIZATION OF TEMPORARY GAS HEATING OF FACILITIES IN EMERGENCY SITUATIONS

V.Yu. Shadrina (student)¹, M.V. Shenogin (associate professor)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group Smg-425

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: The paper considers modern methods of organizing temporary heating of facilities in emergency situations.

Keywords: heating, emergencies, mobility, infrared heaters, heat guns, heat pumps, energy efficiency.

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [1].

Организация временного отопления и теплоснабжения в чрезвычайных ситуациях критически важная задача для поддержания жизнедеятельности населения, работы медпунктов, пунктов обогрева, магазинов продуктов первой необходимости и критической инфраструктуры. Современные технологии и оборудование для отопления в чрезвычайных ситуациях представляют собой комплекс высокоадаптивных и мобильных решений, спроектированных

для экстремальных условий, где ключевыми требованиями является скорость установки, энергетическая автономность и надежность. Современные подходы сместились от простого восстановления старых сетей к гибким, мобильным и энергоэффективным решениям [2, 3].

В современных теплотехнических системах и установках все шире применяют радиационные методы передачи тепловой энергии. Причем это относится как к системам отопления зданий и сооружений, так и к различным нагревательным устройствам и агрегатам. Преобразование тепловой энергии в излучение – довольно простой и эффективный способ передачи энергии от нагревателя к нагреваемым объектам [4].

Один из методов – установка инфракрасных обогревателей. Они представляют собой принципиально иной, высокоэффективный класс оборудования для решения специфических задач теплоснабжения в чрезвычайных ситуациях, когда традиционные конвективные системы, направленные на нагрев всего объема воздуха в помещении, оказываются неэффективными, чрезмерно энергоемкими или просто невозможными для быстрого развертывания. Их работа основана на фундаментальном физическом принципе передачи тепловой энергии посредством электромагнитного излучения в инфракрасном диапазоне, что в корне меняет подход к организации теплового комфорта. В отличие от классических систем отопления, которые сначала нагревают воздух, а только потом теплый воздух отдает тепло людям и предметам, ИК-обогреватели действуют напрямую. Их излучение, подобно солнечным лучам, свободно проходит через воздух, практически не нагревая его, и поглощается поверхностями: полами, стенами, оборудованием и, самое главное, одеждой и кожей человека. Эти поверхности, в свою очередь, становятся вторичными источниками тепла, создавая комфортную температурную зону именно там, где находятся люди.

Эта особенность делает их незаменимыми для обогрева людей в больших, высоких, плохо изолированных или неизолированных помещениях, таких как ангары, мастерские, железнодорожные вокзалы, спортивные залы, временно приспособленные для массового проживания, а также в полевых условиях – в армейских палатках, тентах-шатрах и временных укрытиях. В таких помещениях попытка повысить температуру воздуха хотя бы до минимально приемлемого уровня потребовала бы огромных энергозатрат, поскольку огромные массы холодного воздуха постоянно перемешиваются, а тепло бесконтрольно выходит через тонкие стены и крыши. Инфракрасный обогреватель, подвешенный к потолку или установленный на треноге, создает направленный «тепловой луч», образуя локальные островки комфорта непосредственно над зонами отдыха, столами в столовой или кроватями в медицинском центре, в то время как общая температура воздуха в помещении может оставаться низкой. Это не только экономит до 50...70 % энергии по сравнению с системами воздушного отопления, но и обеспечивает мгновенный тепловой эффект – комфортное тепло ощущается буквально через секунды после включения прибора, в отличие от конвективных систем, которым требуется значительное время для прогрева всей воздушной массы.

Существуют две основные модификации мощных инфракрасных обогревателей, используемых в чрезвычайных ситуациях. Газовые инфракрасные обогреватели, часто изготавливаемые в виде излучающих панелей или трубок с каталитическими или керамическими горелками, обладают высокой тепловой мощностью и полной энергетической автономией. Они могут работать от магистрального газа, если сеть исправна, но чаще всего в полевых условиях их подключают к баллонам со сжиженным пропан-бутаном или к передвижным газгольдерам. Их ключевым преимуществом является независимость от источника питания, что критически важно на ранних стадиях ликвидации последствий повреждения электрических сетей.

Мощные электрические инфракрасные обогреватели, представляющие собой массив трубчатых нагревательных элементов, галогенных или угольных радиаторов, заключенных в защитные решетки, требуют стабильного подключения к электросети. Однако их удобнее эксплуатировать в помещении, т. к. они не выделяют продуктов сгорания и не требуют удаления выхлопных газов, что делает их идеальными для использования в закрытых помещениях с большим скоплением людей, таких как железнодорожные вокзалы или административные здания, где имеется восстановленное или резервное питание от генераторов. Важным тактическим преимуществом инфракрасных обогревателей является их мобильность и простота установки – они не требуют установки воздуховодов или трубопроводов, их можно быстро перераспределять по объекту в зависимости от меняющейся эксплуатационной ситуации, создавая тепловые зоны именно там, где это наиболее необходимо в данный момент. Таким образом, инфракрасные обогреватели не заменяют централизованные или модульные системы отопления для обогрева зданий в целом, а становятся мощным инструментом для целенаправленного и высокоэффективного обеспечения теплового комфорта людей в тех самых условиях, когда другие системы бессильны или расточительны, воплощая принцип «согреть не помещение, а человека».

Следующий метод – установка воздухонагревателей, широко известных как тепловые пушки, и тепловые завесы. Тепловые пушки – это инструмент для быстрого, интенсивного и часто временного нагрева воздуха в помещениях или на открытых пространствах. Это агрегаты, в которых мощный вентилятор прогоняет воздух через нагревательный элемент – электрическую спираль, керамический нагревательный элемент или через теплообменник, нагреваемый пламенем газовой или дизельной горелки. На выходе образуется концентрированный поток горячего воздуха с высокой скоростью и температурой, что позволяет за короткое время повысить температуру в закрытом, но обычно холодном помещении, таком, как недавно установленная палатка, подвал, замерзший после отключения отопления гараж, временно используемый для размещения людей. Кроме того, появляется возможность использования горячего воздуха в аварийной зоне – например, для просушки строительных конструкций, размораживания трубопроводов или создания приемлемых условий для работы ремонтных бригад в неотапливаемых зданиях. Ключевой характеристикой тепловых пушек является высокая тепловая мощность при относительно компактных размерах и полной мобильности; электрические модели требуют только доступа к электросети, в то время как газовые и дизельные модели требуют доступа к топливному резервуару или баллону, что делает их незаменимыми на самых ранних этапах развертывания инфраструктуры, когда более сложные системы еще не запущены. Однако их эффективность снижается в огромных, плохо изолированных объемах, где нагретый воздух быстро рассеивается, и именно здесь на первый план выходит принципиально иная задача, решаемая тепловыми завесами.

Тепловые завесы, в отличие от пушек, предназначены не для общего обогрева помещения, а для создания невидимого, но мощного воздушного барьера на границе двух зон с разной температурой, чаще всего при входе в отапливаемое помещение с холодной улицы или в соседнее неотапливаемое помещение. Устройство устанавливается горизонтально над дверным проемом или вертикально сбоку от него и создает равномерный высокоскоростной поток нагретого (а в некоторых моделях – просто соответствующего температуре окружающей среды внутри) воздуха, направленный строго вниз или поперек проема. Этот поток выполняет функцию тепловой «завесы» или «двери», которая отсекает холодный воздух, пытающийся проникнуть внутрь при открывании, и в то же время предотвращает выход теплого воздуха

наружу. В экстренной ситуации, когда входные двери в зданиях, приспособленных для отопления или проживания (школы, администрации), постоянно открываются из-за движения людей, тепловая завеса становится важнейшим элементом энергосбережения и поддержания микроклимата. Это позволяет значительно снизить тепловые потери, предотвратить образование сквозняков и конденсата, а главное, сохранить накопленное тепло, которое так сложно получить из основных источников, будь то мобильная котельная или генераторы.

Таким образом, если тепловая пушка – это «тактический штурмовик» для быстрого захвата теплового плацдарма в холодной зоне, то тепловая завеса – это «стратегический защитник», который защищает драгоценные тепловые ресурсы в уже созданном и обжитом укрытии. Их совместное использование образует эффективную двухуровневую систему: тепловые пушки могут использоваться для первичного, аварийного обогрева помещения или для обогрева отдаленных уголков большого помещения, в то время как тепловые завесы, установленные на всех критически важных входах, обеспечивают сохранение достигнутого результата, снижая нагрузку на основные системы отопления и повышая общий комфорт и энергоэффективность временного убежища в суровых условиях.

Самый современный подход – использование мобильных тепловых насосов типа «воздух-воздух» и «воздух-вода» является наиболее передовым решением, но требует соблюдения особых условий. Эти установки работают, передавая тепловую энергию из наружного воздуха внутрь помещения, демонстрируя превосходную энергоэффективность: они могут генерировать от 2,5 до 4,5 кВт на 1 кВт потребляемой электроэнергии. Это ключевое преимущество в условиях острой нехватки топлива, поскольку оно максимизирует тепловую мощность ограниченных ресурсов генератора, экономя дизельное или газовое топливо. Дополнительные преимущества включают полную безопасность – отсутствие открытого огня или вредных микробов в помещении – возможность точного поддержания заданной температуры и функцию кондиционирования воздуха, что крайне важно для медицинских учреждений и серверных помещений.

Необходимо сказать несколько слов о современных мобильных версиях отопительного оборудования, адаптированных для быстрого развертывания. Наиболее эффективным вариантом являются мобильные, одноблочные тепловые насосы типа «воздух-воздух» на колесах, требующие лишь небольшого количества гибких воздухопроводов снаружи окна. Для стационарных нужд используются быстроразвертываемые сплит-системы с наружным блоком, оснащенные быстроразъемными соединениями для быстрой установки без сложных этапов монтажа. Мобильные воздушно-водяные гидравлические модули предназначены для подключения к системам периодического или временного горячего водоснабжения, обеспечивая более комфортное и равномерное отопление в модульных больницах или для приезжающих городских жителей, а также для обеспечения горячего водоснабжения потребителей.

Несмотря на преимущества электрических нагревателей, оборудование, работающее на газе, занимает особое место среди технологий временного отопления. Ключевым преимуществом является энергетическая автономность – газовые теплогенераторы (тепловые пушки, инфракрасные обогреватели, котлы) могут работать независимо от электросети, что критически важно на начальных этапах ликвидации последствий стихийного бедствия, когда электропитание может быть нарушено. Газовые установки отличаются высокой эффективностью (часто превышающей 90 %) и низкой стоимостью вырабатываемого тепла по сравнению с электрическими аналогами, что позволяет эффективно использовать ограниченные ресурсы.

Важнейшим фактором является быстрое развертывание: оборудование, работающее на сжиженном углеводородном газе (СУГ), мобильно и не требует сложной установки – достаточно просто установить установку и подключить ее к газовому баллону или газгольдеру. Доступность топлива и логистическая эффективность СУГ имеют решающее значение: баллоны с пропан-бутаном могут быть быстро доставлены на любой объект, даже труднодоступный, обеспечивая бесперебойное теплоснабжение. Современные газовые приборы оснащены системами автоматизации, обеспечивающими простое и точное регулирование тепловой мощности, а также многоуровневыми системами безопасности (контроль пламени, автоматическое отключение при перегреве, защита от утечек), что делает их эксплуатацию безопасной при соблюдении инструкций. Таким образом, газовое оборудование, сочетающее в себе надежность, экономичность и простоту использования, представляет собой оптимальное решение для создания устойчивых точек теплоснабжения в первые и самые сложные часы после аварии.

В заключение следует подчеркнуть, что крайне актуальные вопросы организации временного отопления объектов в чрезвычайных ситуациях могут быть эффективно решены за счет разумного сочетания современных технологий и оборудования.

Синергия энергонезависимых газовых систем, целенаправленного инфракрасного отопления, мощного конвективного отопления и высокоэффективных тепловых насосов не только позволяет оперативно обеспечить жизненно важный тепловой комфорт для жильцов и объектов критической инфраструктуры, но и гарантирует максимальную эффективность использования ресурсов, дефицитных в условиях кризиса.

Список используемой литературы

1. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 № 68-ФЗ [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/ (Дата обращения 18.05.2026).
2. ГОСТ Р 22.3.03-2021. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Жизнеобеспечение населения в чрезвычайных ситуациях. Общие требования [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200001527> (Дата обращения 18.05.2026).
3. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573697256> (Дата обращения 18.05.2026).
4. Родин, А.К. Газовое лучистое отопление / А.К. Родин. – Л.: Недра, 1987. – 192 с.

УДК 612.141

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ В ГАЗОСНАБЖЕНИИ УДАЛЕННЫХ И СЕЛЬСКИХ РАЙОНОВ

А.А. Костерина (студент)¹, М.В. Шеногин (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа Смг-424

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Данная работа посвящена комплексному анализу актуальных проблем, связанных с газоснабжением удаленных и сельских районов. Были предложены решения по повышению уровня газоснабжения, а также представлены наиболее перспективные результаты для оценки и преодоления существующих трудностей. Комплексное использование подходов, подкрепленные государственной поддержкой и стимулом для компаний во вложении инвестиций, позволяет развивать газовое хозяйство, улучшать качества жизни населения и повысить экологическую обстановку.

Ключевые слова: газоснабжение, районы, газораспределительные системы, сети, природный газ, сжиженный углеводородный газ (СУГ), сжиженный природный газ (СПГ), государство, меры поддержки.

PROBLEMS AND SOLUTIONS IN GAS SUPPLY TO REMOTE AND RURAL AREAS

A.A. Kosterina (student)¹, M.V. Shenogin (associate professor)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group Smg-424

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: The work is devoted to a comprehensive analysis of current problems related to gas supply in remote and rural areas. Solutions to increase the level of gas supply were proposed, as well as the most promising results for assessing and overcoming existing difficulties were presented. The integrated use of approaches, supported by government support and incentives for companies to invest, makes it possible to develop the gas industry, improve the quality of life of the population and improve the environmental situation.

Keywords: gas supply, districts, gas distribution systems, networks, natural gas, liquefied petroleum gas (LPG), liquefied natural gas (LNG), government, support measures.

Газоснабжение удаленных и сельских районов состоит из комплексной задачи, которая требует современных решений и определенных подходов. В основном проблемы представляют собой низкую плотность населения, высокую стоимость строительства, дальние расстояния и экономическую нерациональность метода прокладки газопровода, делая традиционные методы газоснабжения неэффективными.

Рассмотрим глубже проблемы газоснабжения удаленных и сельских районов. Основная и, пожалуй, главная проблема – это отсутствие магистральных газопроводов. Зачастую наиболее удаленные районы не охвачены существующей газораспределительной сетью. Прокладка

газопроводов на большие расстояния в условиях сложного рельефа местности или недостаточно развитой дорожной инфраструктуры не только трудозатратная и дорогая, но и менее перспективная. На масштабных территориях сельских районов малое число потребителей природного газа делает инвестиции в газоснабжение невыгодной и даже убыточной для газовых компаний [1].

Для компенсации расходов на техническое обслуживание и ремонт газопроводов в наиболее удаленных районах тарифы на газ могут быть значительно повышены, что снижает доступность газа для населения. Развитие газоснабжения в сельских и удаленных районах без государственной поддержки практически невозможно. Следует подчеркнуть, что частные инвесторы неохотно инвестируют средства в проекты с низкой прибылью.

Важно отметить, что обеспечение бесперебойной поставки природного газа может осложняться из-за климатических условий и удаленности объекта. Данные факторы повышают трудности в прокладке газопроводов и требуют применения специального оборудования. Чтобы поддерживать рабочее давление газа в сетях газораспределения, необходимо использовать высокоточные технологии и учитывать все существующие факторы риска [2].

Например, в условиях сильных морозов влага в газе может конденсироваться, тем самым создавая опасность формирования кристаллогидратных пробок и понижение пропускной способности.

Использование наиболее современных материалов для тепловой изоляции газопроводов имеет решающее значение в поддержание температуры газа и понижение тепловых потерь. Это немаловажно и чрезвычайно необходимо при наличии условий пониженных температур окружающей среды.

Выбор оптимальной прокладки сетей газораспределения и газопотребления помогает сократить и упростить, или даже совсем устранить, влияние климатических воздействий на построенные сети. При разработке проекта необходимо учитывать использование подогреваемых участков и систем, способствующие прекращению образования гидратов.

Стоит отметить, наличие резервных источников питания и, в случае чрезвычайных ситуаций их использование, несет ключевую и основную роль. Они обеспечат своевременное реагирование в случае изменений новых обстоятельств внешней среды и устранение аварийных ситуаций.

Наконец, использование альтернативных методов для решения возникающих трудностей важны так же, как и выбор оптимальной прокладки сетей. Приведу пример. В России с 1950-х годов свое в газификации коммунально-бытовых объектов и жилых домов начал развиваться, а затем активно применяться СУГ – сжиженный углеводородный газ.

Компания «Владнефтегаз» осуществляют поставку СУГ населению Владимирской области, предоставляет услуги заправки автотранспорта и техническое обслуживание газового оборудования. Кроме того, во Владимирской области для ТЭЦ и котельных в качестве резервного топлива используют мазут.

При использовании СУГ возникает необходимость предусматривать установку резервуаров хранения на участках потребителей данного вида топлива. Основное преимущество использования СУГ заключается в отсутствии необходимости строительства газопроводов, что позволяет относительно недорого газифицировать наиболее удаленные участки. Но существуют и недостатки: поставки СУГ необходимо осуществлять регулярно, для предотвращения перебоев в газоснабжении потребителей. Кроме того, многочисленные расчеты показывают, что использование природного газа для потребителей существенно (в 3...3,5 раза) дешевле, чем СУГ. Таким образом, применение СУГ для газоснабжение удаленных территорий

может быть рентабельно, но требует проведения предварительного технико-экономического анализа [3].

Для газификации населенных пунктов может использоваться СПГ – сжиженный природный газ. Это природный газ, который был искусственно сжижен путем охлаждения до температуры около $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ для облегчения хранения и транспортировки. СПГ представляет собой бесцветную жидкость без запаха, состоящую на 75...99 % из метана, а также включает в себя этан, пропан и бутан с небольшим количеством примесей, таких как углекислый газ и сероводород.

Создание малых и средних заводов по производству СПГ, его дальнейшее хранение и транспортировка потребителям в специальных криогенных цистернах на большие расстояния требуют существенных затрат. Однако, высокая энергоемкость и относительно низкая стоимость доставки СПГ могут стать ключевыми преимуществами при газоснабжении удаленных районов страны.

Комбинированное использование природного газа с СУГ или СПГ способно повысить доступность газообразного топлива для жителей удаленных сельских районов, а также бесперебойность его поставок.

Внедрение инновационных подходов к строительству газопроводов – еще один способ устранения трудностей в газоснабжении удаленных объектов. Использование и применение полимерных труб, устойчивых к коррозии, позволяет существенно снизить расходы на строительство. Разработка стандартных и унифицированных, а также легко монтируемых модулей ГРПБ и ШРП для газораспределительных сетей снижают затраты на строительство сетей [4].

Немаловажна государственная поддержка в решении проблем газоснабжения удаленных и сельских районов, которая поможет сформировать между потребителем и государством более доверительные отношения, в связи с чем у потребителя возникнет лояльное и положительное мнение о газификации.

Когда люди видят заботу со стороны государства в решении проблем удовлетворения своих жизненно-важных потребностей, например, в недорогом удобном газовом отоплении или приготовлении пищи, их позиция к проекту газификации может существенно измениться. Лояльность потребителя выражается в своевременной оплате услуг, отсутствии противодействия при строительстве новых газовых сетей, позволяющего расширять и развивать газовое хозяйство. Позитивная позиция общественности способствует воплощению проектов и укрепляет неизменность и устойчивость энергетической системы территории.

Данная помощь и поддержка способны не только сократить финансовые затраты для населения и предприятий, но и показать объективную позицию государства в обеспечении равной возможности доступа к энергетическим ресурсам страны каждого гражданина.

В стране действует программа догазификации, то есть бесплатного подведения природного газа до границ земельного участка потребителя, при котором лишь прокладка газопроводов внутри земельного участка оплачивается собственником.

К 2030 г. планируется подключить к сетям газораспределения более трех миллионов домов, что позволит существенно повысить уровень газификации РФ. Все программы газификации и догазификации, которые действуют и осуществляются в России, нацелены на улучшение уровня жизни населения и его благосостояние. Стоит отметить, при рассмотрении природного газа в качестве топлива, он является экономичным и экологичным топливом, что немаловажно как для окружающей среды, так и для жилищных условий. За счет АО «Газпром газораспределение» осуществляется подключение природного газа до границ

земельного участка – еще один факт, но можно и «замахнуться» на доказательство, что государство оказывает поддержку и помощь в реализации подведения и использования природного газа.

Местные власти осуществляют меры социальной поддержки для населения при газификации домов. Данные меры могут включать покупку газового оборудования, финансовую помощь, такую как субсидии или скидки, а также выдача региональных сертификатов, покрывающие часть расходов, использование материнского капитала на газификацию и прямые компенсации уже после оплаты работ.

Введение государственных субсидий, которые дадут возможность сократить расходы использования природного газа для конечных потребителей, может помочь в решении проблем в газоснабжении удаленных и сельских районов. Для наибольшей заинтересованности к участию в проектах газификации для коммунально-бытовых предприятий (магазины, мастерские и т.д.) и производств (заводы, фабрики и т.д., где используется газ для производства разных изделий) можно создать и организовать благоприятные условия.

Независимо от наличия всех субсидий, поддержек государства, использования инновационных технологий и даже создания благоприятных условий для газификации надежность поставок природного газа остается и будет оставаться актуальной проблемой. Данный вопрос нуждается в комплексном подходе и непрекращающемся внимании, который сочетает технические решения для повышения энергетической безопасности и надежности местности.

Подводя итог, можно сказать, газоснабжение удаленных и сельских районов будет достигать желаемого результат и эффекта только при государственной поддержке, предоставление экономической целенаправленности и применение, а также реализации, современных технологий и цифровых решений.

Использование заменяющих видов топлив, такие как СУГ и СПГ, целевые государственные программы, инфраструктурные решения, которые гарантируют высокую компактность размещения газового оборудования при небольших размеров, их часто называют «блочно-модульная конструкция», выступают в качестве успешным решением проблем в газоснабжении удаленных и сельских районов.

Список используемой литературы

1. Гнездилова, О.А. Проектирование газовых сетей населенных пунктов и предприятий: учеб. пособие / О.А. Гнездилова, Г.Г. Щедрина. – Курск: Унив. кн., 2015. – 216 с.
2. Комина, Г.П. Газоснабжение: учебник для вузов / Г.П. Комина [и др.]. – СПб.: Лань, 2023. – 332 с.
3. Шкаровский, А.Л. Газоснабжение. Использование газового топлива: учеб. пособие / А.Л. Шкаровский, Г.П. Комина. – Сб.: Лань, 2024. – 140 с.
4. Колпакова, Н.В. Проектирование городских систем газоснабжения: учеб.-метод. пособие / Н.В. Колпакова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 68 с.

О ПОСТРОЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ СХЕМ ПУНКТОВ РЕДУЦИРОВАНИЯ ГАЗА

А.С. Тигля (студент)¹, М.В. Шеногин (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа Смг-424

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Представлен состав современного оборудования пунктов редуцирования газа, проанализированы нормативные требования к ним, рассмотрены современные схемы пунктов редуцирования, приведены их конструктивные и эксплуатационные особенности; описаны достоинства индивидуального подхода к разработке современных принципиальных схем пунктов редуцирования газа.

Ключевые слова: газораспределительная организация, сети газораспределения, газовое хозяйство, пункт редуцирования газа (ПРГ), газораспределительный пункт (ГРП), линия редуцирования, регулятор давления газа (РДГ), байпас.

ON THE CONSTRUCTION OF MODERN GAS REDUCING STATION SCHEMES

A.S. Tiglya (student)¹, M.V. Shenogin (associate professor)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group Smg-424

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: The composition of modern equipment for gas reduction points is presented, regulatory requirements for them are analyzed, modern schemes of reduction points are considered, their design and operational features are given. The advantages of an individual approach to the development of modern schematic diagrams of gas reduction points are described.

Keywords: gas distribution organization, gas distribution networks, gas management, gas reduction point (GPG), gas distribution point (GDP), reduction line, gas pressure regulator (GPG), bypass.

Анализ современного оборудования пунктов редуцирования газа (ПРГ) показывает, что основные изменения в принципиальных схемах произошли благодаря п. 44 Технического регламента «О безопасности сетей газораспределения и газопотребления» [1], где устанавливается запрет на применение в ПРГ всех видов обводных линий (байпасов). Это требование было продублировано другими нормативными документами [2, 3]. Запрет на эксплуатацию байпасных линий можно считать самым значительным поводом для изменения конструкций пунктов редуцирования газа, повлекшим внесение изменений в принципиальные схемы ПРГ.

Решение было найдено достаточно быстро и все пункты редуцирования газа, взамен байпасной линии, получили резервную линию редуцирования, аналогичную основной, но предназначенную для работы в момент проведения технического обслуживания или ремонта.

Стоит отметить, что в результате вносимых изменений значительно возросла стоимость оборудования, однако существенных изменений технических характеристик ПРГ не произошло, поскольку резервная линия редуцирования не применяется при штатной работе. Запрет эксплуатации ПРГ через байпасную линию, не означает обязательного наличия в конструкции ПРГ резервной линии редуцирования. Резервная линия может быть съемной и устанавливаться на момент ремонта и технического обслуживания основной линии редуцирования газа. Тем не менее, ПРГ с двумя линиями редуцирования газа (основной и резервной) начали массово применяться при строительстве и реконструкции систем газоснабжения.

На наш взгляд, современный подход к разработке принципиальных схем пунктов редуцирования газа, в соответствии с развитием газораспределительных сетей и требованиями нормативных документов должен быть иным, а именно – учитывающим реальные условия эксплуатации ПРГ.

Приведем пример: ГРП, установленный в небольшом населенном пункте оснастим двумя разными линиями редуцирования; на основной линии установим регулятор давления газа с большой пропускной способностью (например, «РДГ-50»), а на резервной – с меньшей пропускной способностью (например, «РДНК-400М»), что нам позволит в условиях существующей сезонной неравномерности потребления газа проводить эксплуатацию регуляторов давления в оптимальных для них режимах, обеспечивая стабильность редуцирования и повышая устойчивость работы системы газораспределения; при пиковых расходах газа теоретически возможно задействовать обе линии редуцирования (рис. 1).

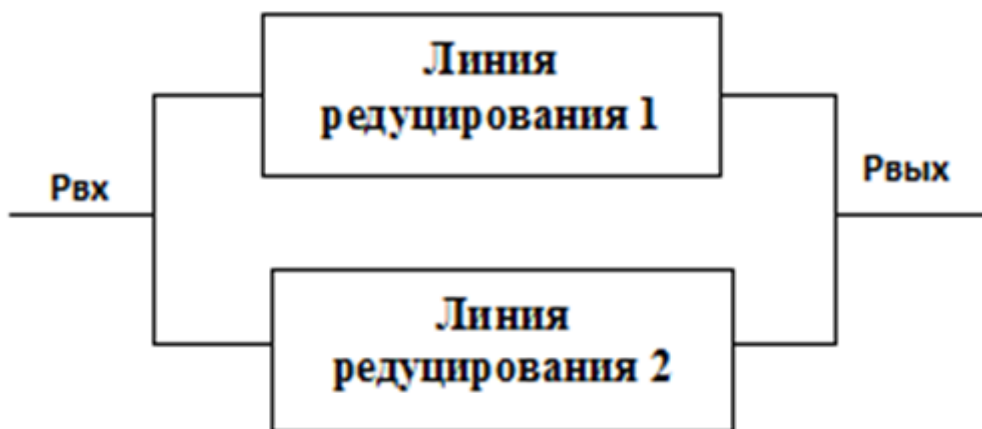


Рисунок 1 – Схема ПРГ с двумя параллельными линиями редуцирования

Схема ПРГ с параллельными линиями редуцирования и одним выходом газа (см. рис. 2) – самая распространенная на сегодняшний день, позволяет выполнить требования нормативных документов, а при включении в работу обеих линий – значительно повышает устойчивость газоснабжения потребителей. Настройка параметров работы у обеих линий редуцирования в данной схеме одинаковая. Однако, при работе только с одной линией редуцирования, очевидно, снижается экономическая эффективность использования оборудования.

Схема ПРГ с двумя линиями редуцирования, настроенными на разное выходное давление газа (см. рис. 3), позволяет обеспечить газоснабжение не только жилого фонда и коммунально-бытовых потребителей, но и производственных помещений или работу котельной. Преимущества, представляемые при реализации такого технического решения, позволяют оптимизировать площадку для размещения газорегуляторного оборудования и обеспечить газоснабжение всех потребителей. Принципиальная схема с такой структурой оборудования более

гибкая – позволяет решать гораздо больше задач при организации эффективного газоснабжения потребителей.



Рисунок 2 – Схема ПРГ с линиями редуцирования, настроенными на разное давление газа

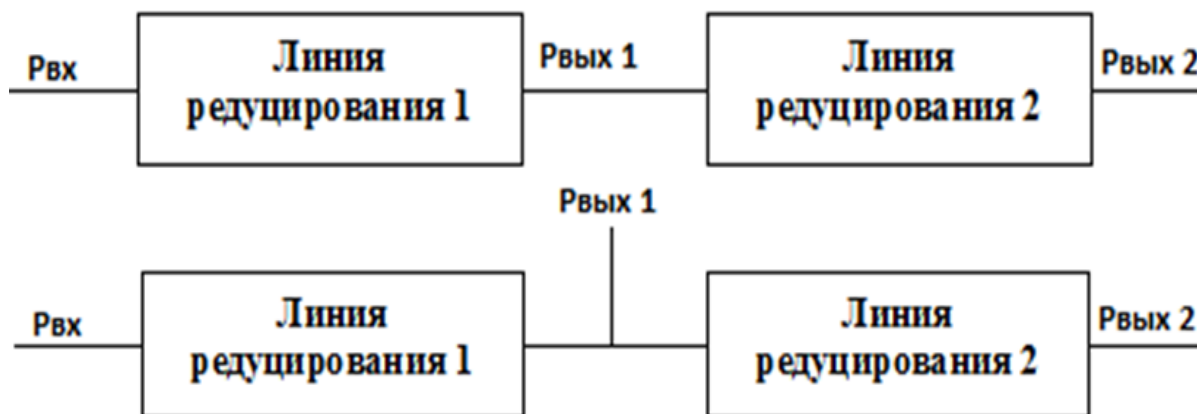


Рисунок 3 – Схема ПРГ с двухступенчатым снижением выходного давления

При необходимости количество линий редуцирования может быть увеличено в зависимости от потребности сети газораспределения. Подобные схемы эффективны для промышленных предприятий, имеющих газоиспользующее оборудование различного назначения и отопительную котельную. Применение таких принципиальных схем позволяет одним ПРГ обеспечить газоснабжение разных категорий потребителей.

Применение регуляторов давления газа различных модификаций позволит диверсифицировать работу ПРГ, но при наличии газопроводов-перемычек в принципиальной схеме, может позволить организацию работы по использованию одного из регуляторов для подачи газа в другие газопроводы, что позволяет выбирать оптимальные режимы работы для системы газоснабжения. Если часть оборудования имеет сезонный режим работы (например, ГРУ отопительной котельной), то вполне возможно отключение применяемого для этих целей оборудования. Наиболее рациональным это решение представляется при размещении на каждой линии редуцирования узла учета газа.

На рис. 3 представлена крайне редко применяемая на практике схема редуцирования газа с использованием двух последовательно расположенных регуляторов давления со вспомогательным оборудованием, обеспечивающим поэтапное снижение входного давления. Отметим, что характер развития современных газораспределительных сетей допускает ее активное (и вполне эффективное) применение.

Применение современных АГРС подразумевает возможность строительства газопроводов высокого давления первой категории (до 1,2 МПа), что предоставляет значительное преимущество при транспортировке газа на большие расстояния, но накладывает повышенные требования к газорегуляторному оборудованию, особенно при необходимости снижения давления газа с высокого до низкого для жилого фонда [3].

Схемы ПРГ с двухступенчатым снижением выходного давления ранее применялись на головных пунктах редуцирования газа (ГПРГ), но их применение ограничивалось крупными населенными пунктами, со значительными часовыми расходами газа, пропускная способность могла составлять от 100 000 до 600 000 м³/ч [4].

Применение многоступенчатых схем редуцирования газа позволяет обеспечить наиболее стабильные режимы работы газорегуляторного оборудования, повысить его срок эксплуатации и снизить риск возникновения отказов в работе. Головной пункт редуцирования газа может иметь в своем составе большое количество линий редуцирования (к примеру, во времена СССР применялись ПРГ с 4 линиями редуцирования), причем с различными техническими параметрами [4]. К несомненным преимуществам многоступенчатых схем редуцирования газа следует отнести стабильность выходного давления, что критично для работы теплогенерирующего оборудования большой мощности.

Получили распространение технологические схемы ГГРП с применением модульных линий. В таких ПРГ стандартные технологические линии редуцирования газа полной заводской готовности монтируются на месте размещения ГГРП при помощи оборудования, размещенного в готовом заводском модуле, что существенно повышает экономическую эффективность строительно-монтажных работ.

Таким образом, можно утверждать, что на сегодняшний день сложились все предпосылки для индивидуальных разработок принципиальных схем пунктов редуцирования газа [5], соответствующих оптимальному развитию газораспределительных сетей, с учетом индивидуальных особенностей газифицируемых территорий.

Список используемой литературы

1. Постановление Правительства РФ от 29.10.2010 № 870 (ред. от 14.12. 2018) «Об утверждении технического регламента о безопасности сетей газораспределения и газопотребления» [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902243701> (Дата обращения: 18.05.2026).
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления» [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573264156> (Дата обращения: 18.05.2026).
3. ГОСТ 34741-2021. Межгосударственный стандарт. Системы газораспределительные. Требования к эксплуатации сетей газораспределения природного газа [Электронный ресурс] // База ГОСТ, ГОСТ Р – национальные стандарты РФ. – Режим доступа: https://rososts.ru/file/gost/75/180/gost_34741-2021.pdf (Дата обращения: 18.05.2026).
4. Ионин, А.А. Газоснабжение: учебник для вузов / А.А. Ионин. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.
5. Исанова, А.В. Проектирование газораспределительных пунктов с применением телемеханики учета расхода газа: учебное пособие / А.В. Исанова, В.И. Лукьяненко, Г.Н. Мартыненко. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 100 с.

УДК 621.64

О СОВРЕМЕННОМ ПОДХОДЕ К ВЫБОРУ ОБОРУДОВАНИЯ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫХ ПУНКТОВ

А.С. Тигля (студент)¹, М.В. Шеногин (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа Смг-424

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Описаны процессы, происходящие в современном газовом хозяйстве, дано объяснение их причин, сделана оценка современных проблем и задач, стоящих перед газораспределительными организациями; предложено решение ряда актуальных задач путем внедрения современного подхода к выбору схемных решений и оборудования для газорегуляторных пунктов, а также путем применения эффективных и экономичных типовых решений схем пунктов редуцирования газа.

Ключевые слова: газораспределительная организация (ГРО), сети газораспределения, газовое хозяйство, пункт редуцирования газа (ПРГ), газораспределительный пункт (ГРП), линия редуцирования, регулятор давления газа (РДГ), байпас.

ON THE MODERN APPROACH TO SELECTING EQUIPMENT FOR GAS REGULATION STATIONS

A.S. Tigly (student)¹, M.V. Shenogin (associate professor)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group Smg-424

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: The processes taking place in the modern gas industry are described, their causes are explained, the assessment of modern problems and tasks in gas distribution organizations is made. The solution of a number of urgent tasks is proposed by introducing a modern approach to the selection of circuit solutions and equipment for gas control points, as well as by applying effective and economical standard solutions for gas reduction point schemes.

Keywords: gas distribution organization (GRO), gas distribution networks, gas industry, gas reduction point (GPG), gas distribution point (GRP), reduction line, gas pressure regulator (GPG), bypass.

Практическая деятельность всех газораспределительных организаций (ГРО) давно и неразрывно связана с планированием работ по расширению сети газораспределения и проведением реконструкции газораспределительных пунктов (ГРП) [1].

Сегодня в РФ объективно назрела необходимость изменения подхода ГРО к реконструкции ГРП, что является следствием процессов, протекающих в современном газовом хозяйстве. На наш взгляд, правильно выбранная стратегия модернизации оборудования ГРП позволит решить многие актуальные проблемы современного газового хозяйства. В противном

случае, если не принять мер к изменению стратегии модернизации газорегуляторного оборудования, придется затратить гораздо больше ресурсов на преодолении кризисных ситуаций, возникающим из-за накопившихся проблем.

Вопрос организации реконструкции ГРП имеет смысл рассмотреть в историческом ракурсе развития систем газоснабжения. При таком подходе многие причины текущего состояния систем газоснабжения станут более понятными, что позволит быстрее найти пути их решения и предложить наиболее экономически эффективные способы преодолеть недостатки развития газовых сетей.

Опишем некоторые проблемы современного газового хозяйства.

Значительная часть ГРП отработало расчетный срок эксплуатации. Для продления срока службы газорегуляторного оборудования с истекшим сроком эксплуатации приходится прибегать к экспертизе промышленной безопасности, что экономически затратно и, главное, откладывает решение проблемы модернизации (см. график динамики старения ГРП на рис. 1)



Рисунок 1 – Динамика старения объектов газового хозяйства

Основными проблемами ГРП также являются: низкая пропускная способность, применение морально устаревшего оборудования, не подлежащего реконструкции, отсутствие современных узлов учета газа.

Оборудование многих ГРП не соответствует современным требованиям промышленной безопасности, что касается, например, законодательного запрета на использование байпасных линий [2]; реконструкция подобных ГРП с приведением к требованиям действующих норм и правил, во многих случаях технически сложна, а часто и экономически нецелесообразна (см. рис. 2).

Для приведения в безопасное состояние газораспределительной системы до 2030 г. необходимо 505,1 млрд руб.

В период 2020-2030 гг. необходимо:	
1. Реконструировать газопроводов	71 523,4 км
2. Заменить оборудование пунктов редуцирования газа (ГРП, ГРПБ, ШРП)	50 354 ед.
3. Заменить установок электрохимической защиты	32 320 ед.

СТРУКТУРА ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ системы ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ до 2030 г.

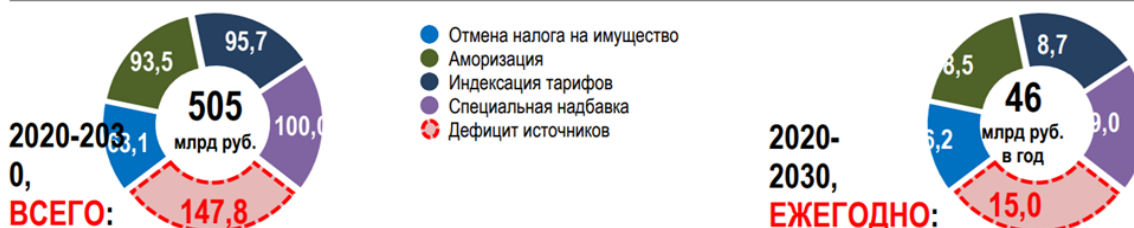


Рисунок 2 – Необходимость финансовых затрат на реализацию программы реконструкции газораспределительных сетей на 2020...2030 годы

Регуляторы давления газа типа «РДУК-2» (начало серийного производства 1963 г.), типа «РДБК-1П» (1989 г.), типа «РДНК» (1992 г.), составляют, на сегодняшний день, основу газорегуляторного парка страны. На их основе разработаны типовые проектные решения ГРП, причем их принципиальные схемы стандартизированы, что, в том числе, позволило в относительно короткие сроки провести газификацию природным газом значительной территории страны, осуществить перевод на газовое топливо отопительных котельных, газифицировать значительную часть промышленных предприятий и жилого фонда [3]. Комплекс качеств выпускаемого газорегуляторного оборудования (надежность, качество, ремонтпригодность, простота эксплуатации) позволил обеспечить его столь долгую эксплуатацию без существенной модернизации пунктов редуцирования.

Однако, современные требования к построению технологических схем ГРП более строгие, их возможно обеспечить путем применения новых типов оборудования [4]. Это в первую очередь относится к регуляторам давления газа, обеспечивающим основные технико-экономические показатели ГРП. Эксплуатирующиеся длительное время ГРП, не могут обеспечить дальнейший рост потребления газа, что тормозит развитие газораспределительных сетей и расширение абонентской базы ГРО.

Эта проблема обострилась с началом реализации государственных программ газификации и догазификации регионов, социальная составляющая которых направлена на расширение доступа граждан России к сетям газопотребления, т.е. на существенное увеличение количества абонентов ГРО. Действия государственных программ направлены не только на территории, где отсутствовали газовые сети, но и на ранее газифицированные населенные пункты, что создало дополнительную нагрузку на существующие газораспределительные сети. Успешная догазификация населенных пунктов требует модернизации существующих сетей и ГРП, что, как правило, невозможно без применения современного газорегуляторного оборудования.

Необходимо упомянуть и о существовании актуальной проблемы отказов эксплуатирующегося газорегуляторного оборудования, о необходимости снижения аварийности сетей га-

зораспределения в целом. Очевидно, что модернизация ГРП с заменой газорегуляторного оборудования способна решить эти проблемы, однако практическая реализация таких решений вызывает затруднения.

Для затруднений есть несколько объективных причин:

- огромное количество пунктов редуцирования газа, подлежащих замене, из-за повышенного износа оборудования, низкой пропускной способности и несоответствия современным стандартам отрасли, что не позволяет в короткие сроки провести их замену;
- отсутствие утвержденной концепции современного ГРП – не ясно, какой ГРП можно считать современным и отвечающим запросам ГРО в полной мере; отсутствуют точные критерии, по которым можно однозначно определить эффективность оборудования;
- проводя реконструкцию газорегуляторных пунктов, ГРО часто руководствуются финансовыми возможностями, а не техническими характеристиками, экономя средства на системах телемеханики и возможности использования АСУ ТП для контроля работы оборудования.

Современное газорегуляторное оборудование, позволяет создавать пункты редуцирования газа с индивидуальными схемами и техническими характеристиками, что крайне актуально сегодня, т.к. условия потребления газа на вновь газифицируемых объектах могут значительно различаться между собой.

Типовые проектные решения ГРП позволяют значительно сократить сроки производства оборудования и сделать его более дешевым. Однако с начала серийного производства блочных газорегуляторных пунктов (БГРП), представляющих собой изделия полной заводской готовности, практически все производители заявили о возможности производства индивидуальных линий редуцирования по техническому заданию заказчика, что открывает широчайшие перспективы для разработки и проведения стратегии ГРО в сфере модернизации газорегуляторного оборудования ГРП.

Разработка БГРП при грамотной подготовке технического задания может сделать систему газоснабжения потребителей более эффективной.

Даже при замене ГРП, производимой при реконструкции газовых сетей, можно предложить оптимальную комплектацию оборудования, рассчитанную на характеристики существующей сети. При такой постановке вопроса возникает проблема грамотного формирования технического задания, поскольку в противном случае все преимущества индивидуального подхода исчезают [4].

Современный отечественный рынок газорегуляторного оборудования сформировался достаточно давно и представлен большим количеством специализированных предприятий, выпускающих качественные и современные изделия, большинство из которых является собственными разработками производителей.

Разнообразие вариантов построения линий редуцирования (выбор регулятора давления газа, применение регулятора-монитора, использование линий редуцирования, с различными параметрами выходного давления газа (среднее / низкое), применение современных узлов учета расхода газа, применение систем АСУ ТП) дает возможность реализовать все преимущества современного газорегуляторного оборудования, выполнить компоновку в удобном для ГРО исполнении.

Наиболее удачные решения технологических схем газорегуляторных пунктов, могут стать типовыми после того, как успешно зарекомендуют себя в эксплуатации. В настоящее время можно наблюдать формирование этого процесса.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 34741-2021. Межгосударственный стандарт. Системы газораспределительные. Требования к эксплуатации сетей газораспределения природного газа [Электронный ресурс] // База ГОСТ, ГОСТ Р – национальные стандарты РФ. – Режим доступа: https://rosgosts.ru/file/gost/75/180/gost_34741-2021.pdf (Дата обращения: 18.05.2026).
2. Постановление Правительства РФ от 29.10.2010 № 870 (ред. от 14.12. 2018) «Об утверждении технического регламента о безопасности сетей газораспределения и газопотребления» [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902243701> (Дата обращения: 18.05.2026).
3. Ионин, А.А. Газоснабжение: учебник для вузов / А.А. Ионин. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.
4. Исанова, А.В. Проектирование газораспределительных пунктов с применением телемеханики учета расхода газа: учебное пособие / А.В. Исанова, В.И. Лукьяненко, Г.Н. Мартыненко. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 100 с.

УДК 697.93

**ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ УВЛАЖНИТЕЛЯ ВОЗДУХА В СИСТЕМЕ
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗДАНИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

А.Ю. Лисецкая (студент)¹, С.В. Угорова (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа Смг-424

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Подчеркивается необходимость поддержания уровня влажности в промышленных зданиях на заданном уровне. Как переизбыток, так и недостаток влаги могут спровоцировать образование серьезных проблем, включая нарушение микроклимата, гниение, укоренение образования коррозии, скопление статического заряда и как следствие, выход из строя оборудования. Корректно спроектированная система увлажнения – ключевой фактор для обеспечения безопасности, оптимального и эффективного условия труда.

Ключевые слова: система кондиционирования, микроклимат, увлажнитель, влажность, требования, жесткость воды, эксплуатация системы, производительность, санитарные нормы, техническое обслуживание.

**OPERATIONAL EXPERIENCE OF AIR HUMIDIFIER IN AN AIR
CONDITIONING SYSTEM FOR INDUSTRIAL BUILDINGS**

A.Yu. Lisetskaya (student)¹, S.V. Ugorova (associate professor)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group Smg-424

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: The necessity of maintaining the humidity level in industrial buildings at a given level is emphasized. Both overabundance and lack of moisture can provoke the formation of serious problems, including microclimate disturbance, rotting, increased corrosion formation, accumulation of static charge and, as a result, equipment failure. A properly designed humidification system is a key factor to ensure safety, optimal and efficient working conditions.

Keywords: air conditioning system, microclimate, humidifier, humidity, requirements, water hardness, system operation, productivity, sanitary standards, maintenance.

Промышленные здания, особенно те, что задействованы в производстве пищевой промышленности, чувствительных элементов и электроники зачастую имеют строгие требования к контролю уровня влажности. Недостаток влаги может привести к накоплению статического заряда, порче продукции, ухудшению условий труда. Переизбыток влаги способствует образованию коррозии металлоконструкций, гниению деревянных элементов, активному размно-

жению плесени, ухудшению качества воздуха, нарушению работы оборудования. Увлажнители, интегрируемые в системы вентиляции и кондиционирования играют ключевую роль. Главной задачей промышленного увлажнителя является обеспечение и поддержание оптимального уровня влажности в зависимости от специфики производства [1-3].

Ключевые факторы, оправляющие выбор оборудования для увлажнения воздуха в зданиях промышленного назначения:

1. *Производительность.* Увлажнителя должен быть подобран исходя из объема помещения, показателя кратности воздухообмена, требуемого уровня увлажнения и внутренней температуры воздуха. Повышенная производительность приведет к излишнему расходу воды и электроэнергии, недостаточная – не обеспечит влажность на требуемом уровне.

2. *Водоподготовка.* Выбор системы водоподготовки, независимо от того, будь это фильтрация, умягчение или обратный осмос, зависит от показателей жесткости исходной воды. Соблюдение требований по показателям жесткости воды позволяет предотвратить образование накипи и продлить срок службы оборудования, в частности для паровых и ультразвуковых увлажнителей, т.к. они особенно чувствительны к качеству воды.

3. *Тип увлажнителя.* Выбор зависит от специфики производства. Для производств, в которых имеются повышенные требования к стерильности, такие как фармацевтическая, пищевая и медицинская промышленность, предпочтение в выборе отдается паровым увлажнителям. На производствах, где ключевым фактором является энергоэффективность, оптимальным вариантом станут адиабатические (испарительные). В случае, где качество распыления имеет ключевой аспект – необходимо рассмотреть ультразвуковые увлажнители.

Разновидность увлажнителей воздуха и сфера их применение.

В промышленных системах вентиляции и кондиционирования воздуха широко распространены следующие виды увлажнителей:

1. *Испарительные (адиабатические) увлажнители.* Принцип работы основан на естественном испарении воды с поверхности специального материала (целлюлоза или керамические панели), через которые проходит направленный поток воздуха.

Преимущество данного увлажнителя заключается в низком потреблении электроэнергии, безопасности (отсутствие горячей воды и пара в системе), невысокая стоимость монтажа и самой установки. Недостатком является необходимость в регулярной очистке и замене испарительных элементов. При несвоевременной замене эффективность установки значительно снижается, появляется риск образования бактерий и последующий их перенос.

Испарительный (адиабатный) увлажнитель находит свое применение в системах вентиляции для предварительного увлажнения воздуха, а также в случаях, когда отсутствуют строгие требования к точности поддержания заданного уровня влажности.

2. *Изотермические (паровые) увлажнители.* Принцип работы заключается в нагреве воды до кипения. При кипении образуется пар, который в последствии попадает в воздуховод.

Преимуществом является высокая производительность, стерильность (пар убивает множество бактерий и микроорганизмов), не связан с температурой поступающего воздуха, высокая точность поддержания влажности на заданном уровне. К недостаткам данного увлажнителя относится необходимость подключения к системам водоснабжения и водоотведения, повышенные требования безопасности из-за работы с горячими парами. К тому же, затраты на монтаж и последующую эксплуатацию намного выше, чем у альтернативных решений.

Применяются изотермические (паровые) увлажнители в отраслях с повышенными требованиями к санитарным нормам и на производствах, где чистота воздуха имеет приоритетное значение (пищевая и фармацевтическая промышленность).

3. *Ультразвуковые увлажнители.* За счет ультразвуковых колебаний генерируется распыленная мелкодисперсная вода, превращающаяся в аэрозоль.

Образование мелких капель позволяет осуществлять тонкое распыление. Увлажнитель имеет низкое энергопотребление и высокую производительность. Основным недостатком является повышенные требования к водоподготовке, необходимо деминерализовать или дистиллировать воду для предотвращения образования налета и осаждения минералов. Важно производить регулярную чистку мембран и емкостей для воды.

Ультразвуковые увлажнители нашли свое применение в условиях, где поддержание требуемого уровня влажности является ключевым аспектом для обеспечения требуемого качества продукции, бесперебойного технологического процесса и комфортных условий труда.

4. *Форсуночные (распылительные) увлажнители.* Система работает за счет того, что вода под высоким давлением распыляется и в виде мелкодисперсных капель впрыскивается в воздушный поток, где происходит ее испарение.

Отличается высокой производительностью, увлажнитель имеет функцию охлаждения воздуха посредством испарения, экономичный расход электроэнергии в сравнении с паровым увлажнителем. Главный минус заключается в высокоточной и тщательной фильтрации воды для предотвращения засора форсунок и образования минеральных отложений.

Широкое применение находят в промышленных объектах, таких как склады, производственных цехи, обслуживаемые помещения, для создания оптимального микроклимата.

Основные проблемы и способы их устранения в процессе эксплуатации:

1. *Образование микроорганизмов.* Проблема: повышенная влажность, создаваемая увлажнителем, в частности испарительного типа, способствует активному росту и размножению микроорганизмов, в том числе бактерий и плесени.

Решение: поддержание санитарных норм при помощи систематической дезинфекции, внедрение автоматической системы для удаления избыточной влаги, поддержание работоспособности путем регулярной замены расходных материалов, в том числе фильтров.

2. *Осадочные образования и известковый налет.* Проблема: наличие в воде высокого содержания минералов способствует отложению солей и минерализации внутренних компонентов увлажнителя, блокируя работу форсунок и каналов увлажнителя.

Решение: внедрение систем водоподготовки – умягчение, удаление примесей из жидкости, регулярная чистка оборудования от образовавшейся накипи.

3. *Малоеффективность системы.* Проблемы, которые связаны с избытком или недостаточной мощностью увлажняемого оборудования, герметичностью воздухопроводов и правильностью алгоритмов работы автоматизированных систем управления.

Решение: корректный расчет необходимой мощности увлажняемого оборудования, регулярный контроль герметичности системы, калибровка датчиков влажности и контроллеров.

4. *Неисправности в системах водоснабжения и водоотведения.* Проблема: отсутствие или недостаточность уклона, необходимого для эффективного дренажа, засорение дренажной линии, несоответствие фактического напора воды нормативным требованиям.

Решение является учет требуемого уклона, согласно нормативным требованиям, поддержание стабильного рабочего давления в системе, регулярное техническое обслуживание и очистка дренажных систем.

По опыту эксплуатации увлажнителя воздуха в системе кондиционирования для зданий промышленного назначения можно сделать вывод, что крайне важен комплексный подход. Следует взять во внимание ряд ключевых факторов, которые обеспечат надежную и долгосрочную работу оборудования. Важен не только корректный выбор модели, но и регулярное

техническое обслуживание, строгий контроль за качеством воды и оперативное вмешательство в случае возникновения любой неполадки. Такой подход является гарантом стабильной и бесперебойной работы увлажнителя, а также поддержания требуемых параметров микроклимата.

Список используемой литературы

1. Трофимов, И.П. Современное оборудование для увлажнения воздуха / И.П. Трофимов, С.В. Угорова // Национальная ассоциация ученых. – 2020. – № 51. – С. 31-33.
2. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573697256> (Дата обращения 18.05.2026).
3. ГОСТ Р ЕН 13779-2007. Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200062568> (Дата обращения 18.05.2026).

УДК 612.141

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

А.А. Беланенко (студент)¹, А.Н. Стариков (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа С-322

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Рассмотрены системы теплоснабжения в России, проанализированы преимущества и недостатки централизованных и децентрализованных систем. Проведен обзор перспектив развития различных схем децентрализованного теплоснабжения. Выполнен сравнительный анализ различных конструкций теплообменного оборудования, используемого для тепловых пунктов. Предложено использование конструкции теплообменного аппарата с межканальной транспирацией теплоносителя через высокотеплопроводный пористый металл для увеличения эффективности и надежности теплообменного оборудования коммунального хозяйства, а также предложена методика термopочностного расчета данной конструкции.

Ключевые слова: теплообменные аппараты, пористые материалы, термopочностной расчет.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MUNICIPAL HEATING SYSTEMS

A.A. Belanenko (student)¹, A.N. Starikov (associate professor)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group S-322

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: Heat supply systems in Russia are considered, the advantages and disadvantages of centralized and decentralized systems are analyzed. A review of the prospects for the development of various

decentralized heat supply schemes has been conducted. A comparative analysis of various designs of heat exchange equipment used for heating points has been performed. The usage of the design of a heat exchanger with inter-channel transpiration of the coolant through a highly heat-conducting porous metal is proposed to increase the efficiency and reliability of the heat exchange equipment of the communal economy, and a method for thermal stability calculation of this structure is proposed.

Keywords: heat exchangers, porous materials, thermal stability calculation.

Теплоснабжение в России имеет большое экономическое и социальное значение, любые сбои в обеспечении населения и других потребителей тепловой энергией негативным образом воздействуют на экономику страны и усиливают социальную напряженность. Следовательно, повышение его надежности, качества и экономичности является важнейшей задачей.

В настоящее время состояние систем теплоснабжения в России является критическим. Число аварий на сетях теплоснабжения возросло в пять раз по сравнению с 1991 г. (2 аварии на 1 км тепловых сетей). Из 136 тысяч км тепловых сетей 29 тысяч км находятся в аварийном состоянии. Потери теплоты при транспортировании теплоносителя достигают 65% [1]. В этой ситуации необходимо решить важнейшую задачу по экономии и рациональному использованию топливно- энергетических ресурсов (ТЭР), т.к. запасы их ограничены и по мере их уменьшения стоимость топлива будет неуклонно расти.

В странах Северной и Западной Европы аналогичная проблема экономии и рационального использования ТЭР возникла в 70-х гг. XX в. В результате были экономически просчитаны и изменены основные принципы работы систем централизованного теплоснабжения (ЦТ), имевшие большое сходство с российскими. Основными принципами новой системы теплоснабжения стали: максимально возможное использование в качестве источников тепла теплоэлектростанций (ТЭЦ); только двухтрубная система распределения тепла через стальные предизолированные трубы, включая внутриквартальные вводы в дома; индивидуальные тепловые пункты (ИТП) с узлом учета у каждого абонента (см. рис. 1).

Экономическое сравнение различных вариантов схем теплоснабжения многоквартирного здания на примере микрорайона Куркино г. Москвы показало, что наиболее дорогостоящим вариантом теплоснабжения является ЦТ, при этом большая часть затрат приходится на тепловые сети (63,8% от общей стоимости системы в целом, из них на прокладку только тепловых сетей приходится 84,5%). Схемы на основе квартирных теплогенераторов (КТ) всего на 4,2% дешевле схемы ЦТ, при этом большую часть затрат составляют теплогенераторы – 62,1%, увеличиваются затраты на прокладку газовых сетей.

Наличие в каждой квартире приборов учета потребления топлива повысило дисциплину и ответственность квартиросъемщиков перед поставщиками энергоресурсов, что, в конечном итоге, привело к экономии денежных средств, расход газа сократился в 2,4 раза, а электроэнергии – в 822 раза. Вследствие отсутствия конфликтных ситуаций и жалоб на неудовлетворительное теплоснабжение была снята и социальная напряженность [4].

Перевод муниципального жилого фонда на индивидуальное теплоснабжение позволяет в значительной мере снизить бюджетные затраты на его содержание и способствует экономии ТЭР. Объемы капитальных затрат только на основное оборудование при разработке системы теплоснабжения на базе различных источников теплоты, полученные по укрупненным показателям и на основании проектных материалов, с использованием в качестве энергоносителя природного газа, позволяют сформулировать некоторое представление о стоимости инженерной системы с использованием современного оборудования (см. табл. 1) [5].

Таким образом, децентрализация, как и любое техническое решение, имеет свои положительные стороны. Однако простой переход на типовое проектирование, являющееся базой для ЦТ, без учета специфики децентрализации, лишает системы ДЦТ инженерного содержания и практических преимуществ, а стихийное внедрение АИТ может нанести значительный ущерб сложившейся инфраструктуре и экологической обстановке в крупных городах.

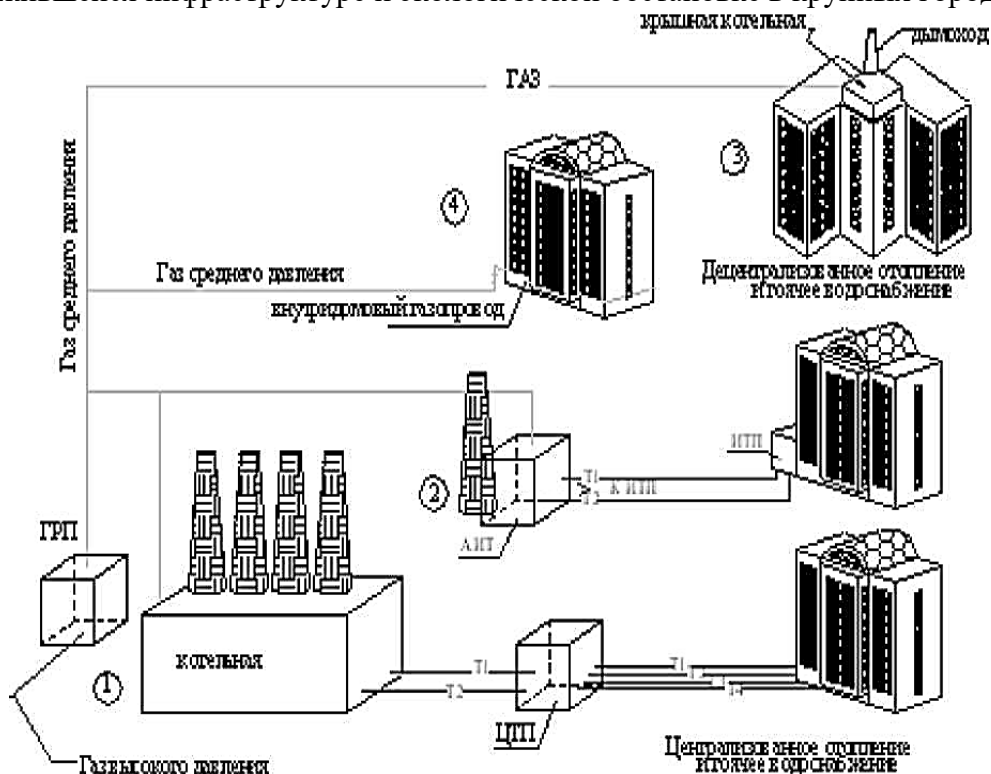


Рисунок 1 – Принципиальные схемы теплоснабжения [2, 3]:

- 1) централизованное теплоснабжение от котельных; 2) централизованное теплоснабжение от автономных источников теплоты; 3) децентрализованное теплоснабжение от крышных котельных; 4) поквартирное теплоснабжение [1]

Технический уровень современного энергосберегающего оборудования по выработке, технологии транспорта и распределения теплоты позволяет создавать эффективные и рациональные инженерные системы [6, 7], уровень централизации которых должен иметь соответствующее обоснование.

Таблица 1 – Капитальные затраты на теплоснабжение коммунального хозяйства

Тип основного оборудования, элемент системы теплоснабжения	Затраты, у.е./кВт
Котельные мощностью до 100 МВт (без тепловых сетей и местных систем)	45-60
Мини ТЭЦ, в расчете на суммарную мощность (электрическая + тепловая), без стоимости тепловых сетей и местных систем	200/450
Тепловые сети, двухтрубные (с учетом стоимости ИТП)	40-50
АИТ: крышные, пристроенные, встроенные и блочные (без стоимости местных систем отопления и горячего водоснабжения, системы дымоудаления и здания котельной)	35-45/60-70
Системы КТ многоэтажных зданий с учетом стоимости оборудования узлов учета расхода теплоты и газа (без стоимости системы дымоудаления)	30/65

Сравнительный анализ нормативного и фактического теплопотребления выборки жилых объектов, на примере г. Кунгур, показывает, что перерасход тепла наблюдается более чем у 60% абонентов теплосетей [7], поэтому энергосберегающие технологии необходимо внедрять не только у производителей, но и у потребителей тепла. Однако переход к новой системе ЦТ дорог и занимает продолжительное время, что делает системы автономного теплоснабжения более привлекательными.

Надежная и эффективная работа систем теплоснабжения коммунального хозяйства в значительной степени зависит от теплотехнических и эксплуатационных характеристик теплогенератора (АИТ, КТ) и теплообменного аппарата (ТА), обеспечивающих тепловой энергией системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Отводимый газ содержит CO_2 и H_2O , являющиеся неизбежным результатом процесса горения. Энергию, связанную с этими компонентами, называют неустраняемыми потерями энергии. По данным экспериментальных исследований [9], полезная энергия, производимая при сжигании топлива, составляет всего 40...52%, а устранимые потери весьма велики и достигают 40...45%.

При повышении давления в теплогенераторе системы теплоснабжения жилого помещения уменьшается количество продуктов неполного сгорания топлива, что снижает потери на неполное сгорание и количество вредных выбросов. Кроме того, полнота сгорания может быть увеличена применением более совершенных смесительных устройств [8, 9]. Для обеспечения удовлетворительного теплового состояния теплогенератора необходимо использование жаропрочных и жаростойких материалов и систем тепловой защиты стенок теплогенератора.

Таким образом, проблема обеспечения надежности, экологической безопасности, рационального использования ТЭР в технологическом оборудовании коммунального хозяйства непосредственно связана с проблемой повышения эффективности ТА, элементы конструкции которых при работе находятся в сложнапряженном состоянии, обусловленном как механическим, так и термическим воздействием.

Для сравнения относительной эффективности проектируемого теплообменного тракта применяется критериальное выражение, связывающее приращение коэффициента теплоотдачи St и соответствующее увеличение гидравлических потерь Z проектируемого тракта в сравнении с гладким каналом [7].

Один из основных показателей совершенства теплообменного аппарата – коэффициент теплоотдачи. Сопоставительный анализ этого показателя для современных пластинчатых аппаратов и современных кожухотрубных аппаратов.

Одним из способов повышения коэффициента теплоотдачи и срока службы в современных рекуперативных теплообменных аппаратах является снижение толщины теплопередающей стенки, которая достигает 0,5 мм и даже, в пределе, 0,4 мм. При достаточно высоких давлениях рабочих сред (на уровне 1,6 МПа) толщина пластин превышает толщину трубок, что негативно сказывается на коэффициенте теплоотдачи, массе и металлоемкости. Это связано с тем, что цилиндрическая оболочка выдерживает большее избыточное давление, чем пластина.

На основе сравнения характеристик современных кожухотрубных и пластинчатых теплообменных аппаратов, можно сделать вывод, что для локальных систем теплоснабжения и горячего водоснабжения применение пластинчатых теплообменных аппаратов не рекомендовано, т.к. по основным наиболее важным показателям надежной эксплуатации они уступают кожухотрубным подогревателям.

В современных ТА используются теплообменные тракты с развитой поверхностью теплообмена, обеспечивающие интенсификацию теплообменных процессов в 1,5...3 раза по сравнению с гладким каналом. Опыт создания и эксплуатации различных теплообменных устройств показал, что разработанные к настоящему времени методы интенсификации теплообмена обеспечивают снижение габаритов и металлоемкости (массы) этих устройств в 1,5...2 раза и более по сравнению с аналогичными серийно выпускаемыми устройствами при одинаковой тепловой мощности и мощности на прокачку теплоносителей [8].

Для дальнейшего увеличения эффективности оборудования коммунального хозяйства необходимо увеличение коэффициента теплоотдачи, при умеренном росте потерь давления в тракте, что может быть достигнуто переходом к новым типам теплообменных трактов.

В наиболее энергоемких отраслях машиностроения (тепловой защиты авиационных и ракетных двигателей, системах охлаждения лазеров и атомной энергетике) задача увеличения коэффициента теплоотдачи решается применением пористых материалов.

Резкое падение гидравлического сопротивления наблюдается при переходе от одномерного продольного течения теплоносителя к двумерному продольно-поперечному течению. Экспериментальные исследования показывают, что эффективность теплообмена в таких трактах может быть на два порядка выше, чем в трактах с гладким каналом. Принципиальная конструкция теплообменного аппарата с межканальной транспирацией представлена на рис. 2.

Методика расчета общей несущей способности заключается в определении максимального внутреннего давления. Для заданного значения окружной деформации определяют из системы значения температурных и силовых деформаций в окружном направлении. Далее задают значение таким образом, чтобы сохранения энергии в осевом направлении вырождалось в тождество. Из уравнения сохранения энергии в окружном направлении определяют давление, соответствующее заданному значению. Получив ряд значений давления, для каждого из значений окружной деформации строят график, аналогичный графику на рис. 2. Предельное давление $P_{г,пр}$ при котором происходит разрушение конструкции ТА, определяется как предельное давление на участке, т.е. такая точка, в которой тангенс угла наклона касательной к графику равен половине от его наибольшего значения на участке ГН. При известном рабочем давлении и вычисленном предельном давлении можно определить запас прочности конструкции.

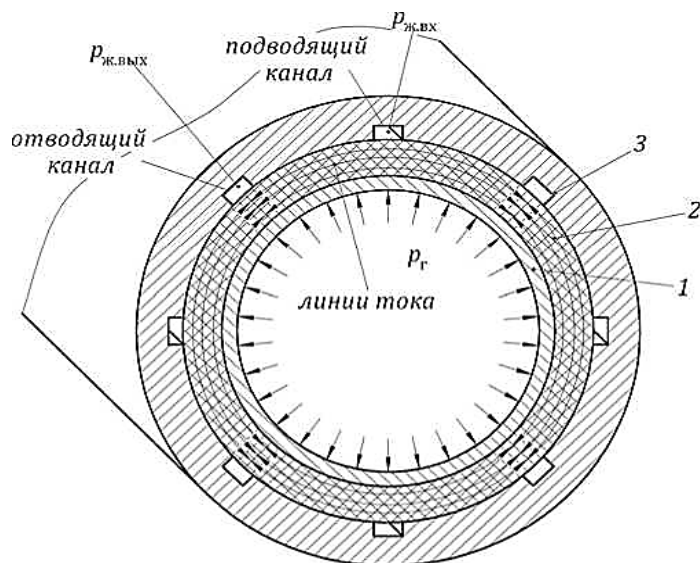


Рисунок 2 – Тракт КТА с пористой вставкой:

$P_{ж.вх}$ – давление жидкости в подводящем канале; $P_{ж.вых}$ – давление жидкости в отводящем

канале; P_g – внутреннее давление газа; 1 – внутренняя стенка; 2 – пористая вставка;
3 – наружная оболочка

Для рабочих условий, в соответствии с рекомендациями, допустимый коэффициент запаса по пределу текучести $\geq 1,5$, а коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению $\geq 2,4$.

Широкое использование индивидуального отопления в системах теплоснабжения России позволит в значительной мере снизить бюджетные затраты на содержание коммунального хозяйства. На современных предприятиях коммунального хозяйства и сервиса используются, преимущественно, рекуперативные теплообменные аппараты, исключаящие смешение теплоносителей. Эффективность используемого теплообменного оборудования определяется теплоотдачей теплообменного тракта и величины потерь давления или мощности, затрачиваемой на прокачку теплоносителя в теплообменном тракте по сравнению с гладким теплообменным трактом.

Возможности дальнейшего увеличения эффективности распространенных типов ТА исчерпаны, однако качественное увеличение теплоотдачи обеспечивается пористыми материалами. Использование предлагаемой методики термочрезвычайного расчета позволяет создать компактный теплообменный аппарат на основе высокотеплопроводных пористых металлов, обладающий большей тепловой эффективностью по сравнению с используемыми типами ТА, и способствует снижению вредных выбросов и экономии ТЭР.

Список используемой литературы

1. Жила, В.А. Обоснование основных показателей при выборе оптимальной схемы теплоснабжения / В.А. Жила, Ю.Г. Маркевич // Полимергаз. – 2006. – № 2 (40). – С. 38-40.
2. Фаворский, О.Н. В каком направлении нам двигаться? // Энергонадзор и энергобезопасность. – 2006. – № 3. – С. 41-43.
3. Семенов, В.Г. Экспресс-анализ зависимости эффективности транспорта тепла от удаленности потребителей / В.Г. Семенов, Р.Н. Разоренов // Новости теплоснабжения. – 2006. – № 6 (70). – С. 36-39.
4. Балабанов, М.Ф. Переход на поквартирное отопление как альтернатива решения одной из проблем коммунальной реформы // Новости теплоснабжения. – 2006. – № 3 (67). – С. 41-43.
5. Хаванов, П.А. Атмосферные газовые горелки автономных теплогенераторов / П.А. Хаванов // Гл. энергетик. – 2007. – №2. – С. 33-37.
6. Теплообменные аппараты для коммунального хозяйства / С.Е. Исаев [и др.] // Новости теплоснабжения. – 2007. – №4 (80). – С. 50-54.
7. Пелевин, Ф.В. Теплообменный кольцевой тракт с компланарными каналами / Ф.В. Пелевин. – М.: Изд-во МГТУ, 1994. – 16 с.
8. Дрейцер, Г.А. О некоторых проблемах создания высокоэффективных трубчатых теплообменных аппаратов / Г.А. Дрейцер // Материалы V Минского междунар. форума по тепло- и массообмену. – Минск, 2004. – Т. 2. – С. 288-289.
9. Мелихов, А.М. Разработки технологий и экспериментальные исследования транспирационного охлаждения в камерах сгорания ЖРД / А.М. Мелихов // Полет. – 2009. – № 10. – С. 112-120.

УДК 612.141

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА

М.М. Демидов (студент)¹, А.Н. Стариков (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа С-322

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Эти параметры в значительной степени влияют на функциональную деятельность человека, его самочувствие, здоровье, а также на надежность работы вычислительной техники. В производственных условиях характерно суммарное действие микроклиматических параметров.

Ключевые слова: исследование, действующая система кондиционирования воздуха.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MICROCLIMATE SYSTEMS

M.M. Demidov (student)¹, A.N. Starikov (associate professor)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group S-322

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: Microclimate indicators should ensure the preservation of a person's thermal balance with the environment and the maintenance of an optimal or acceptable thermal state of the body. Those parameters significantly affect a person's functional activity, well-being, and health, as well as the reliability of computing technology. In production conditions, the total effect of microclimatic parameters is characteristic.

Keywords: research, current air conditioning system.

Микроклиматические параметры производственной среды – это сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Эти параметры в значительной степени влияют на функциональную деятельность человека, его самочувствие, здоровье, а также на надежность работы вычислительной техники.

В производственных условиях характерно суммарное действие микроклиматических параметров. С целью создания нормальных условий для персонала и оборудования установлены нормы производственного микроклимата. Эти нормы определяются нормативными документами, действующими на всей территории России для предприятий всех форм собственности.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в «Санитарных правилах и нормах» – СанПиН 2.2.4.548-96 [1], применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2 °С и выходить за пределы величин, указанных в «Санитарных правилах и нормах» – СанПиН 2.2.2.542-96 [2].

В условиях астраханского климата поддержание нормативных параметров микроклимата без систем кондиционирования воздуха невозможно. К сожалению, в процессе эксплуатации установок кондиционирования воздуха выявляются ошибки, приводящие к нарушениям работы систем кондиционирования, следствием которых является несоблюдение нормативных параметров воздуха в обслуживаемых помещениях.

Основной целью исследования действующей системы кондиционирования воздуха является проверка соответствия действительных параметров микроклимата нормативным требованиям и выявление ошибок проектирования, монтажа или эксплуатации, изменяющих работу системы кондиционирования воздуха.

Исследуемая система кондиционирования воздуха обеспечивает обработку и подачу приточного воздуха в центральную операторную Астраханского газоперерабатывающего завода (АГПЗ).

В помещении кондиционеров установлены центральный секционный кондиционер для обработки приточного воздуха производительностью по воздуху 69 150 м³/ч и вентиляционный агрегат с воздушным фильтром для подачи в систему наружного воздуха производительностью 23 250 м³/ч фирмы Airwell (Франция).

По проекту предусмотрено смешение рециркуляционного воздуха с температурой 24 °С и относительной влажностью 50 % в количестве 46 040 м³/ч и наружного воздуха с температурой 33 °С и относительной влажностью 38 % в количестве 23 110 м³/ч, в результате которого получается воздух с температурой 27 °С и относительной влажностью 46 % в количестве 69 150 м³/ч. Далее этот воздух проходит через пылевой фильтр, воздухоохладитель, где охлаждается до температуры 14 °С и относительной влажности 90 %, затем дополнительно обрабатывается в угольном фильтре и по магистральному воздуховоду направляется к операторной и электрощитовой. Скорость воздуха в магистральных воздуховодах 10 м/с. Снабжение холодом системы кондиционирования обеспечивается водоохлаждающими машинами фирмы Carrier (Франция).

Для определения тепловой нагрузки на помещение операторной используется методика, приведенная в [3, 4]. Тепловая нагрузка операторной АГПЗ составляет 88 кВт, из которых 64 % приходится на приток тепла через ограждающие конструкции, 18 % – от оборудования, 16 % – от осветительных приборов и 2,5 % – от персонала.

Для оценки эффективности работы системы кондиционирования воздуха проведены замеры температуры и относительной влажности воздуха в операторной. Замеры проводились в июле–августе 2002 г. Температура наружного воздуха в эти периоды – +32...+35 °С. Температура воздуха на выходе из кондиционера – +18...+20 °С.

Измерительный прибор – термометр-гигрометр цифровой «Viking», степень точности измерений температуры – 0,2 °С, относительной влажности – ±2 %. Замеры параметров в операторной производилось в узловых точках (рис. 1) пересечения пяти поперечных (1, 2, 3, 4, 5) и четырех продольных (А, Б, В, Г) сечений на высотных отметках: 0,8; 1,5; 2,5; 3,0 м (Н1, Н2, Н3, Н4), в соответствии с Методическими указаниями Минздрава СССР «Санитарно-гигиенический контроль систем вентиляции производственных помещений» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ от 5.09.2017 г. № 4425-87).

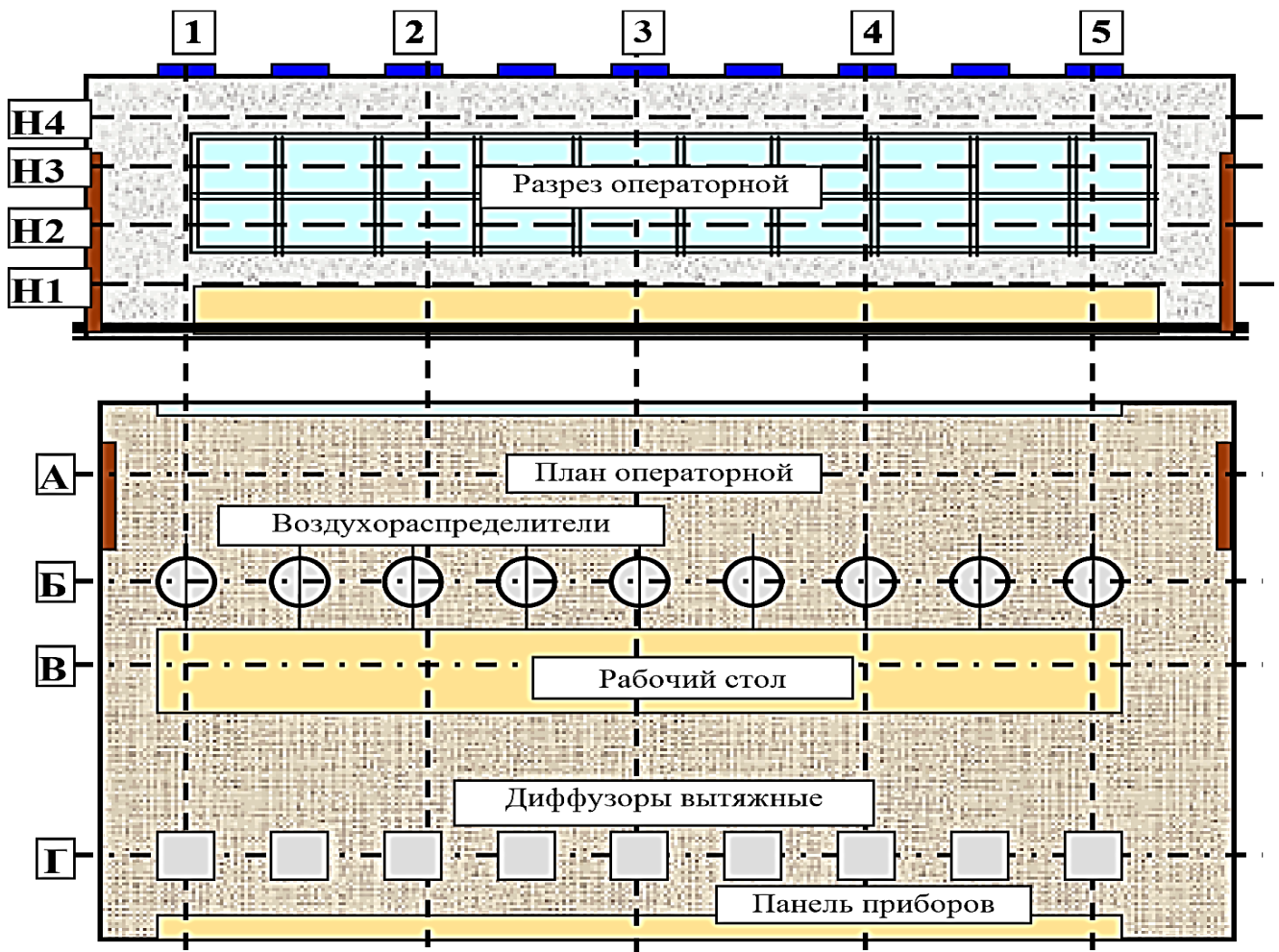


Рисунок 1 – Схема расположения точек замеров параметров воздуха в операторной

Усредненные значения температур и относительных влажностей в поперечных сечениях операторной даны на рис. 2 и в таблице.

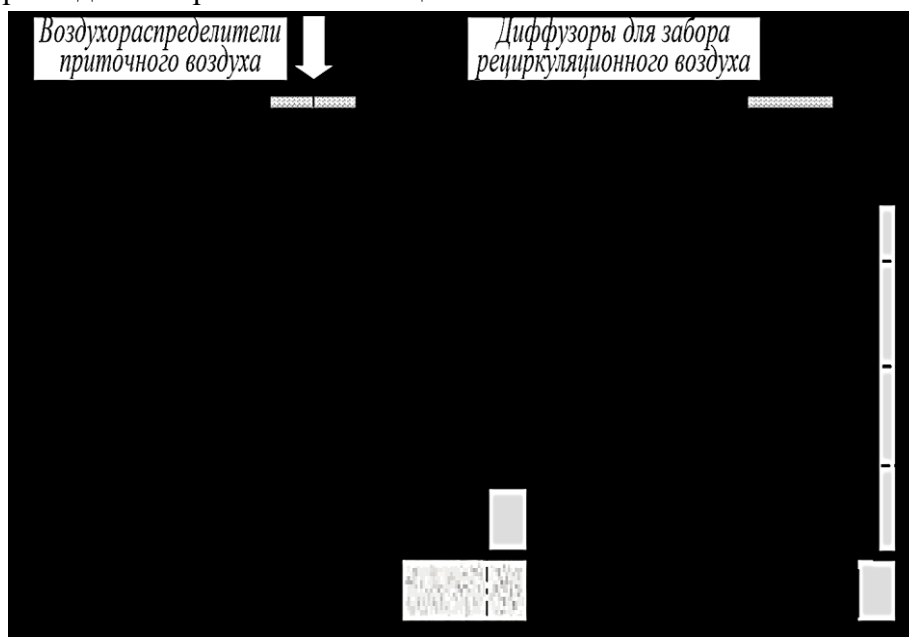


Рисунок 2 – Температурная ситуация воздуха в поперечном сечении операторной АГПЗ (представлены температуры в характерных точках)

Среднеобъемная температура воздуха в операторной составляет $t_{в} = 26,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, температура воздуха, выходящего из кондиционера $t_{п} = 18,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, средняя температура воздуха на выходе из воздухораспределителей $t_{о} = 23,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

По результатам замеров температура воздуха на выходе из воздухораспределителей от 1 до 5 сечения увеличивается.

Действительные процессы обработки воздуха в системе кондиционирования для операторной (см. рис. 3) отличаются от проектных. На схемах обозначено: Н – состояние наружного воздуха; В – состояние воздуха в операторной; С – состояние смеси наружного и рециркуляционного воздуха; П – состояние приточного воздуха. Процессы: Н-С-В – смешение наружного и рециркуляционного воздуха; С-П – охлаждение и осушение приточного воздуха в воздухоохладителе; П-В – процесс ассимиляции теплоизбытков в помещении операторной.

Таблица – Распределение температур по сечениям

Температура наружного воздуха $34,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность 37%									
Высота, м	Сечение	Поперечное сечение 1							
		А		Б		В		Г	
		$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\phi, \%$	$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\phi, \%$	$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\phi, \%$	$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\phi, \%$
3,0	Н4	29,9	65	21,7	70	26,7	72	26,9	68
2,5	Н3	29,2	60	23,6	59	26,5	68	27,1	65
1,5	Н2	28,8	58	26,4	54	28,0	62	28,6	61
0,8	Н1	29,1	55	27,4	52			29,5	54
3,0	Н4	28,3	65	24,8	70	25,4	72	27,6	68
2,5	Н3	27,5	60	25	59	25,4	68	27,6	65
1,5	Н2	26,7	58	25,6	54	25,5	62	27,1	61

Расхождение объясняется тем, что воздуховод к распределителям проходит в подпотолочном пространстве и не изолирован (рис. 4).

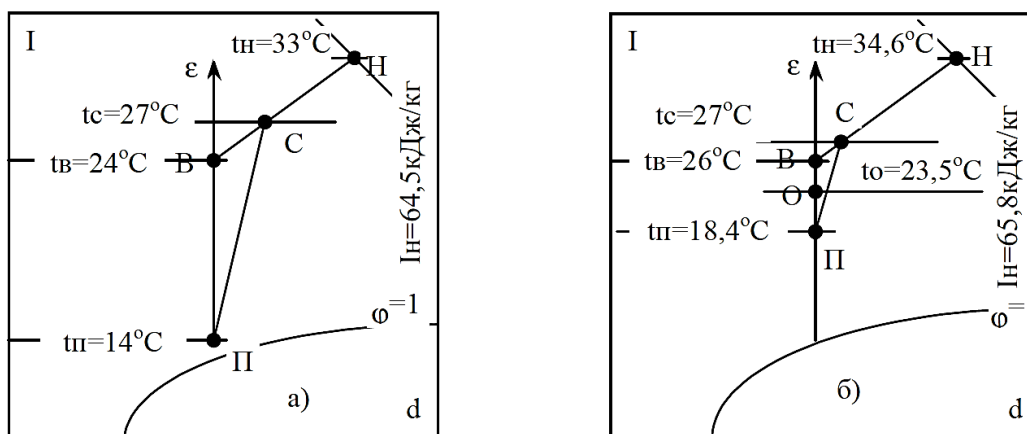


Рисунок 3 – Процессы обработки воздуха в кондиционере:

а – по проекту; б – в действительности

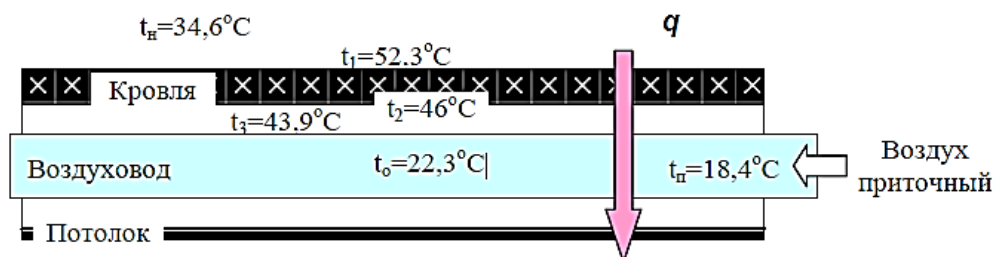


Рисунок 4 – Теплотехническая схема

При воздействии на кровлю солнечной радиации избыточная разница температур $\Delta t_c = 17,7 \text{ }^\circ\text{C}$ [5]. Тогда, при температуре наружного воздуха $t_n = 34,6 \text{ }^\circ\text{C}$, температура внешней поверхности кровли равна $t_1 = 52,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Конечная температура воздуха в воздуховоде составляет $t_o = 22,3 \text{ }^\circ\text{C}$, близка по значению к замеренной (таблица) и значительно превышает проектное значение ($t_{o(\text{проект})} = 14 \text{ }^\circ\text{C}$).

Несоответствие температуры воздуха на выходе из кондиционера связано с недостаточностью холодопроизводительности водоохлаждающей машины, что подтверждается замером температуры воды на выходе из испарителя холодильной машины ($t_{w1} = 14 \text{ }^\circ\text{C}$ вместо $7 \text{ }^\circ\text{C}$ по паспортным данным). Система центрального воздуховода не обеспечивает требуемого распределения потоков воздуха.

Список используемой литературы

1. СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901704046> (Дата обращения: 18.05.2026).
2. СанПиН 2.2.2.542-96. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200235> (Дата обращения: 18.05.2026).
3. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573697256> (Дата обращения: 18.05.2026).
4. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. Ч.3: Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1 / Под ред. Н.Н. Павлова, Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
5. СП 50.13330.2024. Свод правил. Тепловая защита зданий [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1306326592> (Дата обращения: 18.05.2026).

УДК 612.141

БАНИ В ГАРАЖНЫХ БОКСАХ: ВОЗМОЖНОСТЬ, ПРИМЕРЫ, ОСОБЕННОСТИ

Е.С. Ерёмкина (студент)¹, А.Н. Стариков (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа С-322

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: В настоящей статье рассмотрены гаражные боксы как возможный объект перепланировки в банное помещение. Изучены подготовительные этапы, такие как планирование и утепление пола, а также рассмотрены варианты теплоизоляции и утепления помещения.

Ключевые слова: гаражный бокс, баня в гараже, проект бани в гараже, отопление, вентиляция, утепление бани, водосток, теплоизоляция, энергоэффективность.

BATHHOUSES IN GARAGE BOXES: POSSIBILITY, EXAMPLES, AND FEATURES

E.S. Eremina (student)¹, A.N. Starikov (associate professor)²

¹ *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group S-322*

² *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair*

Abstract: In the article, garage boxes are considered as a possible object of conversion into a bathroom. Preparatory stages such as floor planning and insulation have been studied, as well as options for thermal insulation and insulation of the room.

Keywords: garage box, garage bathhouse, garage bathhouse project, heating, ventilation, bathhouse insulation, drain, thermal insulation, energy efficiency.

Гаражный бокс – это строение, которое изначально предназначено для стоянки и ремонта автомобиля. Гаражи или гаражные боксы делят на капитальные и быстровозводимые (чаще модульные) сооружения. Капитальные постройки гаражей характеризуются прочным фундаментом, капитальными стенами и оснащены крышей. Модульная постройка имеет легкую металлическую конструкцию, обшита унифицированными панелями и может быть легко демонтирована. Как правило, модульные или быстровозводимые постройки, легко построить самостоятельно, однако такое сооружение не может считаться полноценным недвижимым имуществом.

Гаражи могут строиться индивидуально, или входить в состав гаражного кооператива. Гаражно-строительные кооперативы, в последнее время пользуются меньшей популярностью, ввиду ряда причин, например, таких как, необходимость платить высокие членские взносы, участвовать в собраниях и т.д.

В настоящее время в нашей стране гаражное строительство переживает упадок [1]. Это связано с рядом причин, во-первых, процедура получения разрешения и участка на строительство гаража является сложной процедурой, за исключением случаев, когда гараж строится на территории собственника земельного участка, во-вторых, необходимость владеть гаражным боксом у современного горожанина попросту отпала, ввиду повсеместной доступности высококвалифицированных специалистов и оборудования на станциях технического обслуживания (СТО) [2, 3]. Уже имеющиеся в собственности гаражные боксы горожане используют не по целевому назначению, а в качестве места хранения разнообразных вещей.

Однако, в последнее время, набирает популярность использование гаражных боксов в качестве бани. Можно выделить несколько причин развития данного направления. Например, собственник проживает в высотном многоквартирном доме, не имеет дачи, является поклонником банных процедур и готов пожертвовать ради этого имеющемся в собственности гаражным боксом [4, 5]. Или во владении имеется гаражное строение, которое не используется по своему прямому назначению, и его реконструкция под баню выходит выгоднее, нежели постройка такового «с нуля».

Существует несколько вариантов расположения бани в гаражном боксе. Чаще всего используются варианты, когда гаражное помещение полностью переделывается под баню и больше не используется для стоянки и ремонта автомобиля. Другой способ размещения бани предполагает соседство гаража с другими помещениями, в том числе банными (см. рис. 1).

У второго варианта размещения гаража совместно с баней имеется ряд недостатков, к которым, в первую очередь относится высокая влажность в банном помещении, которая, скорее всего, будет подниматься и в гаражном помещении, что может негативно сказаться на работоспособности отдельных узлов автомобиля. Кроме того, необходимо учесть следующие тонкости:

- возможность обогрева гаражного пространства при помощи банной печи;
- обязательная система водоснабжения;
- необходимость в гидроизоляции всего периметра бани;
- потребность организовывать водоотведение;
- необходимость предусматривать место под топливо (обычно используют сам гараж);
- возможность дополнить строение мансардой для полноценного отдыха;
- возможность привести себя и даже одежду в порядок после работы с автомашиной;
- обязательная теплоизоляция (поскольку тепловые свойства разных помещений сильно отличаются).

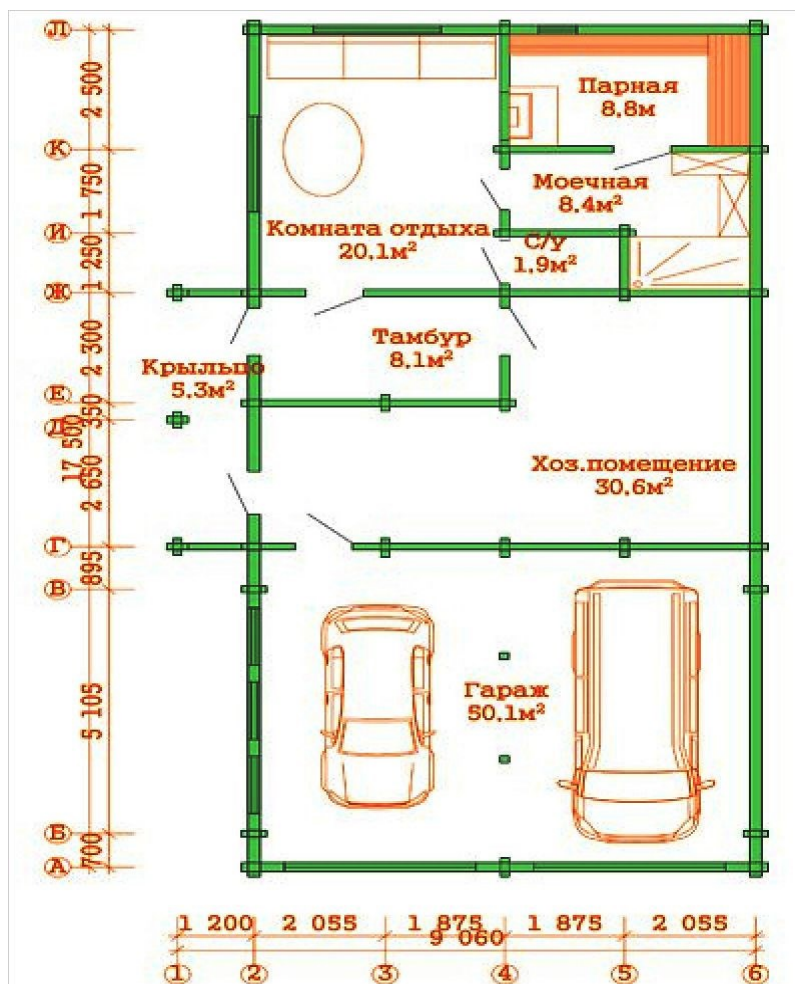


Рисунок 1 – Пример проекта гаража с баней и хозблоком

Однако, даже при существующих сложностях такой вариант пользуется популярностью.

Первым этапом создания такой постройки является планирование. Это очень важный этап в строительстве. Так как сделать баню в гараже нужно с учетом того, чтобы осталось место для автомобиля, то в первую очередь необходимо измерить помещение и составить список желаемых возводимых объектов.

Как правило, в банном комплексе планируют следующие помещения [6]:

- раздевалка, где должны поместиться скамейка и шкафчик для вещей;
- душевая комната;
- парная с каменкой;
- комната отдыха – по желанию и при наличии места.

Далее следует описать, какое место необходимо оставить для гаража. Часто, на этапе планирования, собственник решает оставлять машину рядом с домом, а все помещение использовать под баню.

На этапе планирования так же необходимо решить какой вид отопления будет у бани в гараже. Опасно при хранении транспортного средства за стеной делать печное отопление. Гораздо экономичнее и безопаснее будет вариант с установкой современной электрической каменки. Подобные конструкции на данный момент реализуются во всевозможных вариантах, даже с парогенератором.

При планировании помещений необходимо учитывать, что объем пространства сократится за счет отступа на стенах, так как утепление будет не только внешнее, но и внутреннее.

На плане должны быть обозначены размеры каждого помещения, предназначение помещений, указание входов, расположение окон, если они планируются, примерное расположение мебели, расположение розеток и выключателей.

Перед тем, как приступить к переоснащению, необходимо провести определенные подготовительные работы. Так, необходимо убрать старые перегородки, конечно, если они не являются несущими, заменить или основательно утеплить полотно входной двери, даже если в баню будет вести другой вход. И одним из важнейших моментов будет являться исследование пола. В большинстве случаев, при постройке помещения, где содержится транспортное средство, устройством и утеплением пола пренебрегают. Но в бане сделать хороший и теплый пол необходимо обязательно.

Создание вентиляции. Находящаяся в доме или гараже баня – это источник повышенной влажности, а еще здесь могут скапливаться опасные газы и продукты горения. Поэтому необходимо предусмотреть грамотно смонтированную вентиляцию. Важно правильно реализовать все работы по прокладке оборудования, обеспечивающего доступ свежего воздуха в помещение бани [7-9].

Итак, чтобы исключить возможность преждевременного гниения и коррозии материалов, используемых для организации бани в гараже своими руками, необходимо спланировать путь прохождения воздуха внутри помещения и выявить взаимодействие вентиляции и отопления. Например, чтобы равномерно прогревалась вся парная, вытяжную вентиляцию можно установить внизу, и тогда теплый воздух будет скапливаться не только сверху.

Схема вентиляции должна обязательно предполагать, что вихревые потоки воздуха будут охватывать весь объем парной – тогда расходы на топливные материалы будут меньше, а прогреваемость помещения станет выше [7].

Материалы для вентиляционных труб лучше всего использовать такие, на которых имеется пометка об их экологической безопасности, предназначенные специально для банных помещений. Направление потоков воздуха в банном помещении изображено на рис. 2.

Обустройство водостока. Так как в бане постоянно присутствует вода, то правильная организация водостока приобретает первостепенное значение при планировании и устройстве бани в гаражном боксе. Организация водостока должна исключать образование застоев воды.

Первым этапом такой организации будет являться выбор места для слива израсходованной воды. Как правило, такое место планируют с учетом ее близкого расположения к центральной системе слива. Помимо прочего, сливную яму необходимо расположить так, чтобы она была ниже места забора питьевой воды [3].

После того, как сливная яма организована, необходимо вывести сливную трубу и направить ее в яму. Если баня предполагается к использованию и в холодное время года, то стоит к ее утеплению подойти основательно. Необходимо выкопать канаву на глубину промерзания почвы, перфорировать трубу по всей ее длине мелкими отверстиями и замотать в специальный строительный материал. Далее конструкция засыпается песком. Организация водостока приведена на рис. 3.

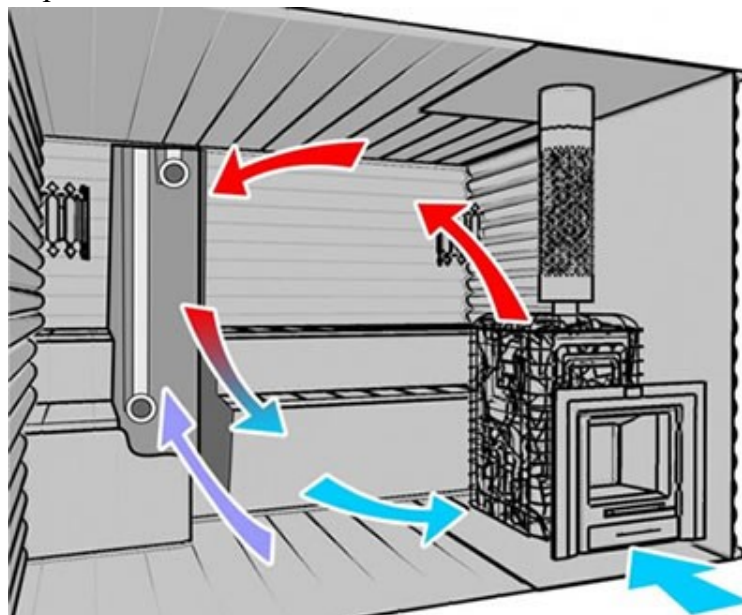


Рисунок 2 – Направление потоков воздуха в банном помещении

Наружное и внутреннее утепление. Отопление является важным этапом проектирования бани в гараже, так как от качества используемых материалов и тщательности проведенных работ при строительстве парного отделения в гараже будет зависеть конечный результат. И если изначально неправильно спланировать утепление, то впоследствии придется затратить много средств на отопление.



Рисунок 3 – Пример организации водостока бани в гаражном боксе

Утепление делают внутренним и наружным. Для утепления изнутри чаще всего используют нижеприведенный вариант. Для утепления используют следующие материалы в указанной последовательности:

- пенопласт 100 или каменная вата 100;
- пароизоляция.

Очень важно положить пароизоляцию правильной стороной к пенопласту, чтобы его пропускная способность была направлена в правильную сторону. Далее укладывается специальная фольга на крафтовом картоне. Сооружение закрепляется рейками, потому что между фольгой и внешним отделочным материалом нужен зазор в 5 см. Далее закрепляется выбранная отделка. Такой вариант термоизоляции способен держать нужную температуру около двух суток.

Если гараж, где будет располагаться будущая баня, не утеплен, лучше всего использовать специальные плиты для наружного утепления. При своей высокой стоимости они полностью окупаются, так как действительно очень помогают экономить на отоплении. А поверх них можно закрепить внешнюю отделку.

Внутренняя отделка бани в гаражном боксе должна отвечать современным требованиям и изготавливаться из экологически чистых материалов, потому что под воздействием тепла и воды выделяемые средства будут попадать в органы дыхания и на кожный покров.

Материал для стен парной можно выбрать из следующих пород деревьев: лиственные: дуб, ясень, липа; хвойные: ель или сосна.

Заключение. Проектирование бани в гаражном боксе имеет ряд особенностей. В первую очередь это особенности проектирования, при котором необходимо учесть не только организацию собственно банных помещений, но и возможность размещения и содержания автомобиля в этом же помещении. Помимо этого, важно тщательно продумать теплоизоляцию, слив, водосток и утепление, так как от этого будет зависеть энергозатратность бани в процессе эксплуатации.

Список используемой литературы

1. Алейников, Б.Н. К вопросу о признании права собственности на гараж и хозяйственную постройку / Б.Н. Алейников, И.О. Большаков, В.А. Кустова // Имущественные отношения в РФ. – 2016. – № 12 (183). – С. 13-19.
2. Балашов, К.А. Бани, сауны, печи, камины / К.В. Балашов. – М.: АСТ, 2010. – 510 с.
3. Баня в гараже: примеры проектов [Электронный ресурс] // Dekoriko.Ru. – Режим доступа: <https://dekoriko.ru/banya/proekty/v-garazhe/> (Дата обращения 18.05.2026).
4. Баня в гараже: как оборудовать своими руками [Электронный ресурс] // Дзен.Ру. – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/remonts/bania-v-garaje-kak-oborudovat-svoimi-rukami-5cdb70311fe8c300b262bb49> (Дата обращения 18.05.2026).
5. Болотова, Ю. В. Технология «растущий дом» – одно из направлений развития рынка малоэтажного индивидуального жилья / Ю.В. Болотова, О.И. Ручкина, Н.А. Кирюхин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2016. – №. 2. – С. 127-147.
6. Казаков, Ю.Н. Как самому оборудовать загородный дом и благоустроить участок / Ю.Н. Казаков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 405 с.
7. Рыженко, В.И. Постройки на участке / В.И. Рыженко. – М.: Рипол Классик, 2003. – 382 с.

8. Симонов, Е. В. Баня, сауна: все о строительстве, оборудовании, материалах / Е.В. Симонов. – СПб.: Питер, 2010. – 224 с.
9. Харитонов, Р.А. Печное оборудование: конструкции, материалы / Р.А. Харитонов, В.Г. Комков // Материалы секционных заседаний 56-й студенческой научно-практической конференции ТОГУ. – Хабаровск: ТОГУ, 2016. – С. 234-240.

УДК 612.141

УМНЫЙ ДОМ КАК ИНЖЕНЕРНАЯ СИСТЕМА

А.В. Николаев (студент)¹, А.Н. Стариков (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа С-322

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Система «Умный дом» нужна для облегчения управления домашним хозяйством, а также для расширения его возможностей. Предлагаемая система является самой передовой технологией в мире по управлению домом. Она обеспечивает управление бытовой техникой и освещением в доме, позволяет в любой момент времени из любой точки своего дома и также мира установить связь с домом, включить или выключить освещение, настроить температурный режим, следить за домом, устроить видеоконференцию с близкими или коллегами.

Ключевые слова: умный дом, комфорт, энергетическая система, энергия, тепло.

SMART HOUSE AS AN ENGINEERING SYSTEM

A.V. Nikolaev (student)¹, A.N. Starikov (associate professor)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group S-322

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: The Smart Home system is needed to facilitate household management, as well as to expand its capabilities. The proposed system is the most advanced technology in the world for home management. It provides control of household appliances and lighting in the house, allows you to establish communication with the house at anytime from anywhere in your home and out, turn on or off the lighting, set the temperature regime, monitor the house, and arrange a video conference with relatives or colleagues.

Keywords: smart home, comfort, energy system, energy, heat.

Умный дом – это система интеллектуальной автоматики для управления инженерными системами современного здания. Какими именно устройствами можно и необходимо управлять в интеллектуальном доме? Какие преимущества дает данная система и почему это удобно и необходимо

Любому человеку в доме, в квартире или в офисе важно чувствовать себя комфортно и в безопасности. Именно эти две задачи плюс эстетика внешнего вида устройств – и есть основные целевые установки, на которые ориентированы системы «Умный дом». Интеллекту-

альная автоматика управляет всеми инженерными системами в доме, позволяет человеку централизованно устанавливать комфортные для себя – температуру, влажность, освещенность в комнатах, зонах, и обеспечивает безопасность [1].

Система Умный дом включает в себя следующие объекты автоматизации:

- управление освещением;
- управление электроприводами;
- климат контроль;
- управление системой вентиляции;
- централизованное управление системами: домашний кинотеатр, мультрум;
- системы видеонаблюдения;
- ОПС (охранно-пожарная сигнализация);
- СКД (системы контроля доступа);
- контроль нагрузок и аварийных состояний;
- управление инженерным оборудованием с сенсорных панелей;
- сервер управления.

Система Умный дом обеспечивает механизм централизованного контроля и интеллектуального управления в жилых, офисных или общественных помещениях. С инсталляцией подобной системы дома или на работе каждый пользователь получает возможность в рамках общей среды обитания задавать параметры собственной индивидуальной среды (свет, температура воздуха, звук и т.д.), в т.ч. сценарии работы системы [1].

Осуществлять управление необходимой системой (освещение, климат, видеонаблюдение и т.п.). Получать доступ к информации о состоянии всех систем жизнеобеспечения дома (находясь внутри него или удаленно).

Общий алгоритм работы системы Умный дом:

1. По собственной сети управления информация от датчиков или интерфейсов поступает к центральному процессору управления.
2. Программное обеспечение центрального процессора обрабатывает полученную информацию и генерирует команды для управляющих устройств.

Для общения с системой и управления ею, используется все многообразие средств от традиционных кнопочных выключателей различного дизайна до сенсорных видео панелей. Причем выключатели и пульта управления не связаны с конкретным светильником, телевизором, кондиционером. Кнопочная панель, оснащенная микроконтроллером, и подключенная к системе Умный Дом, способна управлять не только освещением в данном помещении, но и во всем доме, а также, например, климатом или громкостью звучания музыки. Функциональность каждой кнопки задается программно и может быть изменена по желанию хозяина.

Сенсорные панели являются многофункциональным интерактивным органом управления системой и контроля над состоянием вашего дома или офиса.

Интуитивно понятный интерфейс пользователя системы Умный дом создается в соответствии с пожеланиями и вкусами хозяина дома. На сенсорных видео панелях отображается план любого помещения или окружающей территории, выводятся картинки с видеокамер. Легким прикосновением к экрану можно изменить режимы работы кондиционеров, включить ландшафтное освещение или полив газонов.

Видео панели могут быть стационарными или переносными, различного размера и дизайна.

Управлять системой можно с помощью персонального компьютера или ноутбука, подключенного к системе Умный дом через локальную сеть или через сеть Интернет.

Бурно развивающиеся технологии дистанционного доступа через сети Интернет или мобильные системы позволяют контролировать и управлять процессами, происходящими в доме, находясь далеко от него.

Для повышения комфортности система управления Умный дом может иметь набор типовых «сценариев» автоматизированной работы с фиксированными предустановленными настройками [2, 3].

В одну систему автоматизации связываются освещение, розеточная сеть, охранные системы и климатические установки, что позволяет контролировать и изменять условия комплексно, не задумываясь каждый раз, в какой комнате включить или выключить свет, как изменить режим работы котельной, выключены ли уют или другие нагревательные приборы.

Эти настройки определяются хозяином, исходя из возможных жизненных ситуаций, и программируются на стадии установки Системы.

Энергосберегающая система управления освещением в многоэтажных домах (подъезды, автостоянки, придомовые территории, подвалы, чердаки) позволит снизить количество потребляемой электроэнергии в 10...15 раз. В этих системах применяется устройство управления освещением с отдельными силовыми компонентами, что позволяет использовать существующие линии электропередач. Энергосберегающее освещение начинается с попытки упорядочения времени работы осветительных приборов [4, 5].

Эффективная мера энергосбережения – централизация управления освещением с использованием специально разработанных графиков включения и выключения света. Определенную экономию можно получить за счет максимального использования внутри помещения естественного света. Это достигается за счет правильной планировки здания и используемых помещений. Большой эффект дает использование энергосберегающих ламп. Однако даже самая «экономная» лампа, если она горит в пустом помещении, станет бессмысленным источником энергопотерь.

В основе системы энергосбережения лежит температурный контроллер и электроконвекторы российского и зарубежного производства, имеющие современный дизайн и доступные цены. Они не сжигают кислород, не сушат воздух, пожаробезопасны. Также, вместо конвекторов можно использовать греющие шнуры (теплый пол), инфракрасные пленки и панели, электрокотлы универсальны и могут работать с любыми нагревательными приборами. В традиционных водяных системах отопления датчики могут управлять кранами с электроприводом или электроклапанами, установленными на трубах отопления.

Управление освещением – одна из самых важных задач в доме. Благодаря интеллектуальному программированию можно сэкономить электроэнергию и срок эксплуатации ламп. Отпадает необходимость искать выключатели света в темноте, а также выключать свет при выходе из комнаты. Интеллектуальная система выключит свет только после того, как вы уснете и включит мягкую подсветку, если вы проснетесь ночью, чтобы не раздражать глаза ярким светом. А утром система решит, какое освещение нужно в доме в зависимости от погоды на улице.

Систему автоматизированного управления освещением можно настроить таким образом, что она будет определять, в какой части комнаты находится человек и подсвечивать именно ее. В загородном коттедже система может включать вечернюю подсветку двора и декоративную подсветку фасада здания. Она встречает вас или ваш автомобиль в вечернее время включенным светом во дворе и гараже.

Система климат-комфорт обеспечивает снижение температуры в ночное время в людных помещениях и спальнях, что позволяет создать комфортные условия для сна, а также

экономить энергоресурсы. Кроме того, она дает возможность минимизировать работу аппаратуры и оборудования во время отсутствия хозяев с помощью использования режимов работы «дневное отсутствие» и «отпуск». При включении второго режима производится полное отключение системы кондиционирования и вентиляции, а отопительная система выводится на минимальный уровень мощности. Перед возвращением домой можно заблаговременно установить в помещениях комфортный климатический режим путем активации системы климат-контроля по телефону или через интернет.

Для обеспечения корректировки параметров работы системы применяются различные датчики, которые фиксируют текущие показатели микроклимата в помещениях дома, а также средства для управления в виде переключателей и панелей (рис. 1). При их использовании система способна управлять качеством воздуха (температурой, влажностью, озонированием) в соответствии со временем года и суток, режимом проветривания с использованием автоматической системы открывания окон, изменять режим работы радиаторов отопления и теплых полов, автоматически поддерживать температуру и влажность в специальных помещениях, а также аварийно останавливать систему отопления.

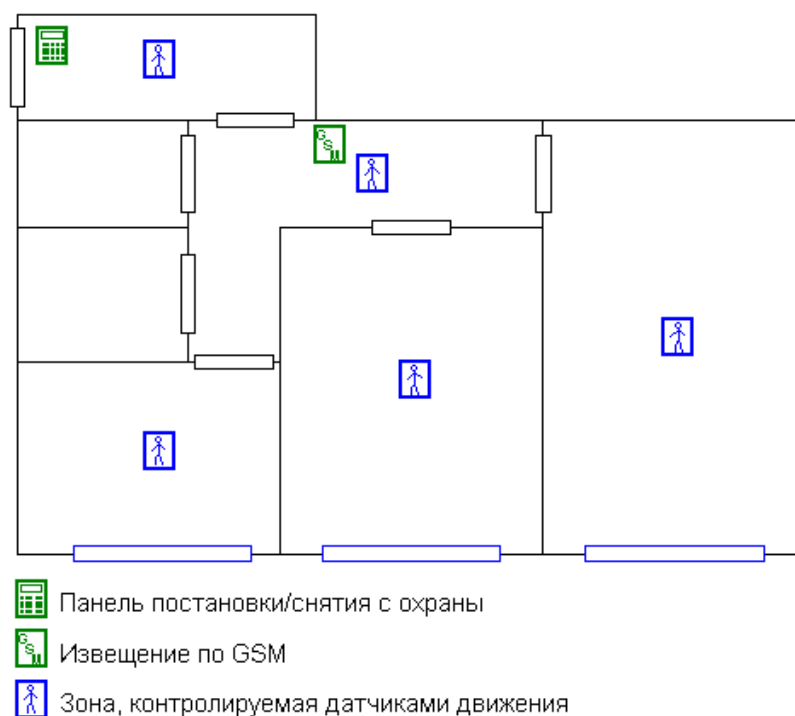


Рисунок 1 – Схема применения датчиков движения в квартире интеллектуальная система Умный дом

Таким образом, система климат-контроля «Умного дома» позволяет создать здоровый и комфортный микроклимат для уютного проживания в доме. Постановка и снятие квартиры с охраны производится с помощью кодовой панели, размещенной в тамбуре. При открытии входной двери у человека есть 30 секунд на ввод правильного кода. Если же код не будет введен, Умный дом включит сирены и отправит СМС сообщения на несколько телефонных номеров. Датчики движения, расположенные на кухне, спальне и гостиной позволят обнаружить проникновение через окна. При выходе из квартиры достаточно ввести код на охранной панели и умный дом не только включит сигнализацию, но и отключит освещение, переведет систему отопления в режим энергосбережения.

Прорыв труб водоснабжения является очень неприятным событием в связи с порчей не только своего, но и соседского имущества. Обнаружить и предотвратить протечку воды так же поможет умный дом. Контролируемыми зонами являются санузлы и кухня, т.е. те помещения, где проходят трубы водоснабжения/

Прорыв трубы или перелив воды через края раковины фиксируется с помощью специальных датчиков (рис. 2). В случае протечки умный дом перекроит доступ воды в квартиру и отправит СМС сообщения на заданные телефоны.

Для того чтобы спрогнозировать направление развития технологии, проанализируем доступные нам факты. Концепция «Умного дома» интересна и перспективна. На данный момент большое количество компаний, в том числе в России, предлагают услуги по созданию таких чудо-домов.

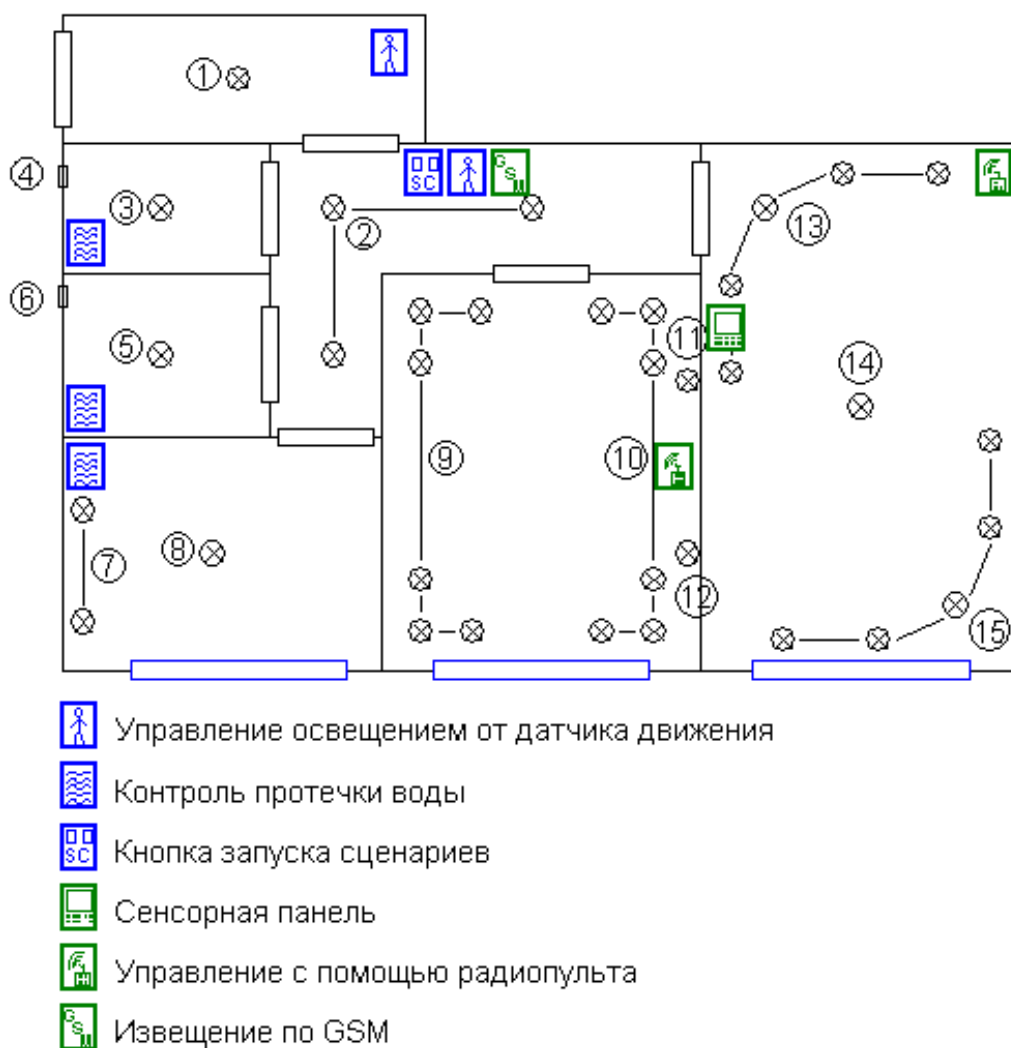


Рисунок 2 – Схема применения датчиков утечки воды

Сама технология сравнительно проста (беспроводно или с использованием существующих силовых кабелей), а вот настройка такой системы, особенно если она управляется программно с компьютера, – вещь достаточно сложная для обывателя, как и любые новые технологии, к которым люди долго привыкают, и обойдется не так уж и дешево ее владельцам. Кроме того, наличие ряда таких решений необходимо учитывать при разработке дизайна помещений.

Идеальное место применения таких технологий – частные дома и коттеджи, а также крупные офисы. В принципе, учитывая, что владельцы загородных домов тратят большие деньги на их содержание, стоимость такого решения будет относительно небольшой.

В Умном доме вся электроника и бытовая техника – от климатических систем до телевизоров – управляется чрезвычайно сложными компьютерными системами. «Умный дом» включает свет и музыку, когда гости и близкие входят в дом и перемещаются по многочисленным комнатам. При этом световое и музыкальное сопровождение по мере передвижения посетителя по «умным» апартаментам меняется согласно пожеланиям хозяина, которые сохранены в настройках.

Человеку не нужно задавать температурный режим в помещениях или настраивать освещение – установленная «интеллектуальная» система по состоянию хозяина распознает, какая температура и освещение необходимы ему в данный момент для полного комфорта. Для обеспечения удобства в квартире могут использоваться разнообразные технологии, начиная от самодельных устройств и заканчивая высокоинтеллектуальными компьютерными АСУ.

Список используемой литературы

1. Сопер, М.Э. Практические советы и решения по созданию «Умного дома» / М.Э. Сопер. – М.: НТ Пресс, 2007. – 432 с.
2. Тесля, Е.А. «Умный дом» своими руками. Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире / Е. А.Тесля. – СПб.: Питер, 2008. – 224 с.
3. Харке, В.Н. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве / В.Н. Харке. – М.: Техносфера, 2006. – 292с.
4. Элсенпитер, Т.Р. Умный Дом строим сами / Т.Р. Элсенпитер, Д. Велт. – М.: Кудиц-образ, 2005. – 384 с.
5. Гололобов, В.Н. «Умный дом» своими руками / В.Н. Гололобов. – М.: НТ Пресс, 2007. – 416 с.

УДК 612.141

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ОТАПЛИВАЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

О.И. Цветкова (студент)¹, А.Н. Стариков (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа С-322

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Обеспечение требуемых параметров микроклимата в помещениях различного назначения является важной и актуальной задачей. От ее решения зависят самочувствие и работоспособность людей, а также качество производимой продукции. Проведены расчеты и их анализ, который свидетельствует о том, что вид отопительного прибора оказывает значительное влияние на распределение параметров микроклимата.

Ключевые слова: микроклимат, отопление, отопительные приборы, конвектор, радиатор, напольное отопление, моделирование.

FEATURES OF THE MICROCLIMATE FORMATION IN HEATED ROOMS

O.I. Tsvetkova (student)¹, A.N. Starikov (associate professor)²

¹ *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group S-322*

² *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair*

Abstract: Ensuring the required parameters of the microclimate in rooms for various purposes is an important and urgent task. The well-being and efficiency of people, as well as the quality of products, depend on its solution. Calculations and their analysis have been carried out, which indicates that the type of heating device has a significant effect on the distribution of microclimate parameters.

Keywords: microclimate, heating, heating devices, convector, radiator, underfloor heating, modeling.

Обеспечение требуемых параметров микроклимата в помещениях различного назначения является важной и актуальной задачей. От ее решения зависят самочувствие и работоспособность людей, а также качество производимой продукции.

Распределение параметров микроклимата в объеме отапливаемых помещений – результат взаимодействия множества факторов, среди которых: теплотехнические характеристики ограждений; режим погоды; геометрия помещений с размещенной внутри мебелью, оборудованием и т. п.; температурный режим сопряженных помещений; тип, мощность и расположение отопительных приборов; параметры системы вентиляции; наличие внутренних стоков и источников теплоты и т. д. Большое количество параметров, оказывающих влияние на формирование микроклимата, определяет ее сложность и системность, а также многообразие путей решения.

Применяемые нормативные методики теплотехнических расчетов и проектирования систем отопления основаны главным образом на использовании осредненных значений расчетных величин, рассматриваемых для установившихся режимов. Реальные процессы переноса являются нестационарными и переменными в пространстве. В итоге численное значение локальных и мгновенных параметров микроклимата остается за рамками анализа.

Наиболее эффективно и глубоко изучить данную проблему можно на основе численных экспериментов, основанных на решении дифференциальных уравнений, описывающих поведение изучаемой системы. Применение численного моделирования позволяет учесть все нюансы конкретной задачи и найти оптимальное решение. Достоверность получаемых таким образом результатов доказана опытом исследований в различных областях науки и техники.

Основные дифференциальные уравнения, описание разработанной численной модели отапливаемого помещения, а также некоторые функциональные возможности созданной программы представлены в [1].

В данной статье освещаются результаты некоторых расчетов, проведенных в ходе работы над грантом Министерства образования Республики Беларусь [2]. Цель проведения расчетов – определение влияния вида системы отопления на распределение параметров микроклимата в отапливаемых помещениях, расположенных на нижнем, среднем и верхнем этажах здания.

Теплофизические характеристики материалов ограждающих конструкций, начальные параметры заданы одинаково для всех серий расчетов и соответствуют реальным условиям.

В расчетах учитывается лучистый теплообмен поверхностей внутри помещения, оконных стекол и окружающей среды. Степень черноты деревянных поверхностей задана 0,9; конвектора и радиатора – 0,95; стекла и остальных поверхностей внутри помещения – 0,94. Средняя степень черноты наружной среды, включающей в себя землю, близкорасположенные здания и сооружения, небо, составляет для холодного периода года 0,85 [3].

Используются четыре вида отопительных приборов: подоконная отопительная панель, напольное отопление, конвектор и радиатор. Первые два вида отопительных приборов условно показывают в ограждениях с помощью линий. Подразумевается, что отопительные элементы равномерно расположены вдоль данных линий. Конвектор и радиатор располагают под окном и схематично изображают прямоугольниками.

Результаты расчетов. Поля температуры и скорости для рассматриваемых четырех вариантов отопительных приборов мощностью $Q = 400$ Вт/м, используемых в помещении нижнего, среднего и верхнего этажей, представлены на рис. 1, на которых сплошные тонкие линии показывают границы ограждений и отдельных материалов, а утолщенные линии являются изотермами. Числовые значения изотерм показаны в легенде справа от расчетной области. Стрелки отражают поле скорости, их длина пропорциональна абсолютному значению скорости. Масштабная стрелка, соответствующая скорости 1 м/с, находится в верхней части рисунков.

Качественный анализ полученных результатов. Проведем качественное сопоставление результатов, используя рисунки графического представления полей температуры и скорости в отапливаемых помещениях (рис. 1).

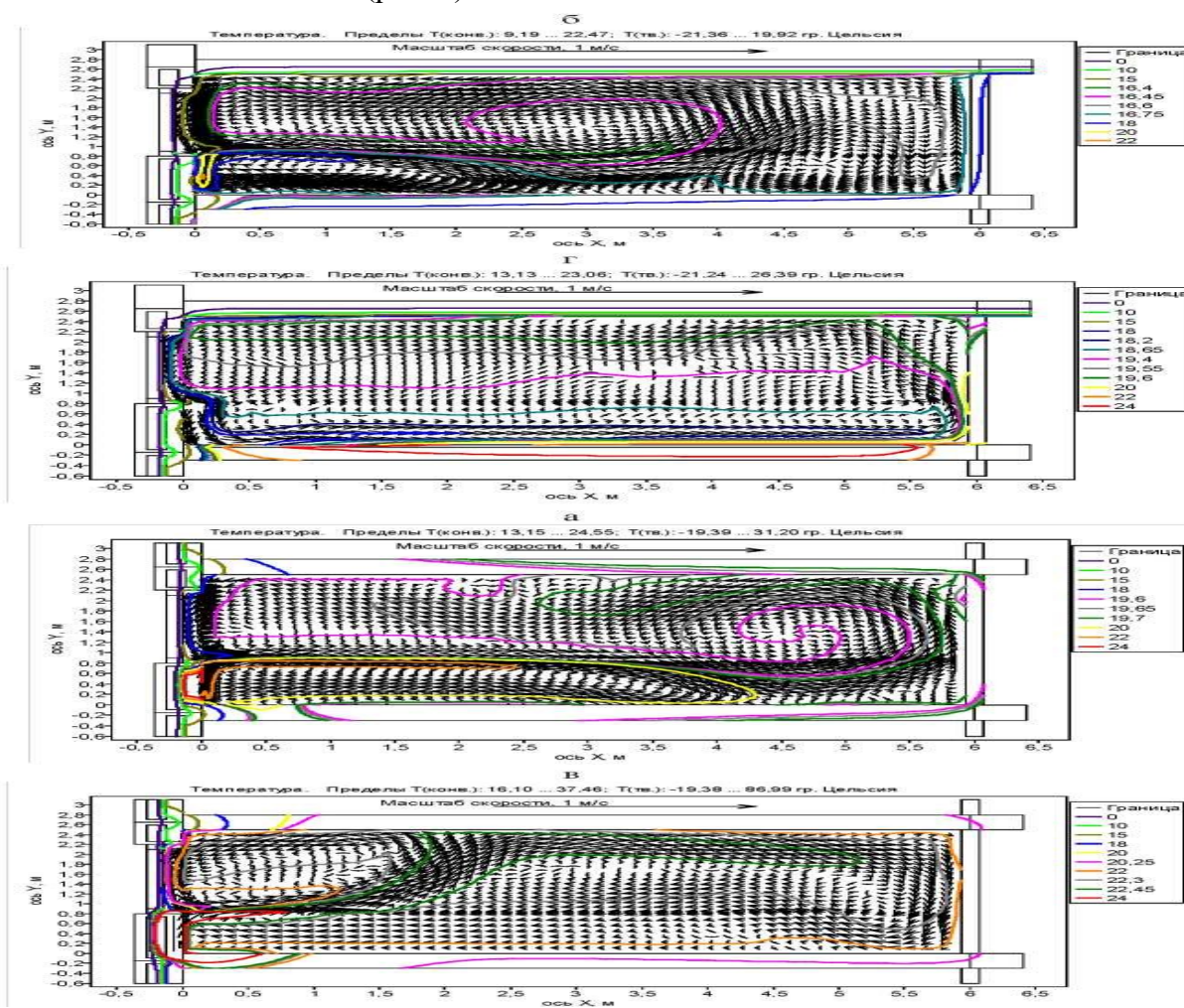


Рисунок 1 – Серия расчетов № 1 (нижний этаж). Отопительный прибор: а – радиатор; б – конвектор; в – подоконная отопительная панель; г – напольное отопление

Рассмотрим особенности формирования потоков воздуха при использовании компактного прибора, размещенного под окном, на примере подоконной отопительной панели. Воздух, нагреваясь у поверхности панели, поднимается вверх и встречается с охлажденным у поверхности окна потоком воздуха, который опускается вниз. Поток смеси далее движется в глубь комнаты. В отапливаемом помещении формируются два основных вихря. Первый вихрь закручен против часовой стрелки и образован воздухом, охлажденным на поверхности окна.

Второй вихрь – с циркуляцией по часовой стрелке – индуцирован теплотой, поступающей от подоконной отопительной панели. Вопрос о том, какой вихрь будет обладать большей интенсивностью и соответственно займет большую часть пространства помещения, зависит от соотношения количества движения теплой и холодной струй, образующих данные вихри [4]. В условиях естественной конвекции гравитационные силы определяют не только импульсы, которыми обладают теплый и холодный поток воздуха в месте их встречи, но и дальнейший путь результирующего потока.

Качественно иной характер формирующейся картины движения воздуха в условиях использования напольного отопления обусловлен распределением отопительной мощности в полу практически по всей длине помещения. В данном случае воздух, охлаждаемый окном и наружной стеной, не встречает препятствия в виде нагретого отопительным прибором потока воздушной среды. Подогрев холодной воздушной массы осуществляется далее поверхностью теплого пола, температура поверхности которого, к тому же, имеет ограничения. Таким образом, в помещении формируется только один вихрь с циркуляцией против часовой стрелки.

Во всех вариантах расчетов подвижность воздуха имеет низкое значение, характерное для естественной конвекции в помещениях рассмотренных типов.

Особенности различных видов отопительных приборов. Проведем анализ, используя сочетания средней температуры воздуха $T_{в.ср}$, средней подвижности воздуха $w_{ср}$ и средней температуры поверхностей, обращенных в помещение, $T_{рад.ср}$ (рис. 2). Параметры $T_{в.ср}$ и $w_{ср}$ определялись в воздушной области помещения в пределах 0...2 м от пола.

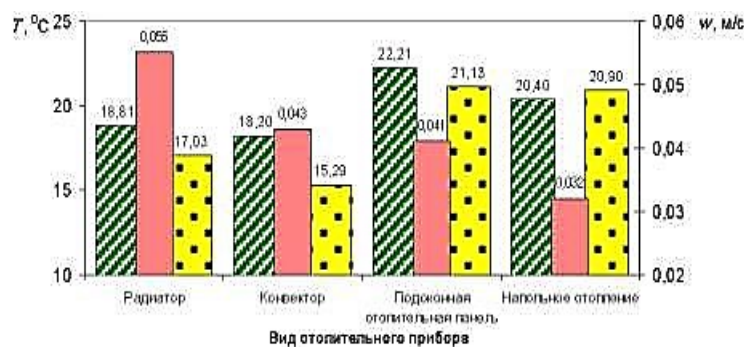
Более низкие значения $T_{в.ср}$ и $T_{рад.ср}$ наблюдаются в случае применения радиатора и конвектора, более высокие – у подоконной отопительной панели и напольного отопления.

Причиной, по которой подоконная отопительная панель прогревает воздух до более высокой температуры, является то, что она имеет большую высоту по сравнению с радиатором и особенно – с конвектором. Следовательно, воздух дольше находится в контакте с панелью при сопоставимых скоростях обтекания рассматриваемых приборов. Радиатор и конвектор при той же мощности имеют более развитую поверхность теплоотдачи, что способствует контакту с большим количеством воздуха, который нагревается до менее высокой температуры.

Следует сказать, что характер циркуляции воздуха при использовании напольного отопления отличается от других рассматриваемых видов приборов. Воздух, двигаясь вдоль поверхности пола, имеющей более низкую температуру по сравнению с другими отопительными приборами, успевает в достаточной мере прогреться по причине длительного контакта с греющей поверхностью пола.

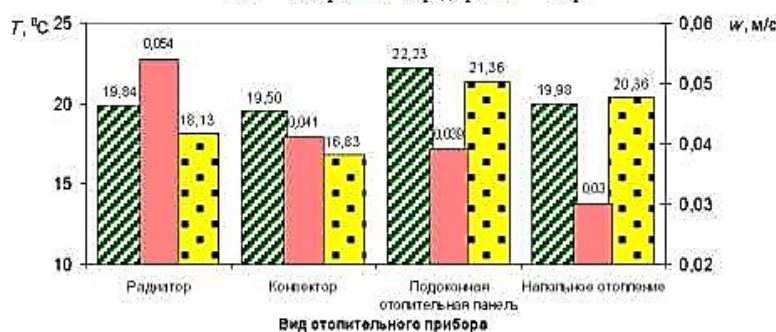
Превышение $T_{в.ср}$ над $T_{рад.ср}$ менее ощутимо при использовании подоконной отопительной панели и напольного отопления и более выражено в случае радиатора и конвектора. Объясняется это тем, что в первом случае воздух нагревается поверхностями ограждений, в которые встроены нагревательные элементы. Во втором случае – наоборот: сначала приборы греют воздух, а затем теплый воздух отдает теплоту ограждениям, имеющим более низкую температуру.

При расположении помещения на среднем или верхнем этаже видно, что по уровню значений $T_{в.ср}$ и $T_{рад.ср}$ эффект от применения напольного отопления более близок к вариантам с конвектором и радиатором, чем с подоконной отопительной панелью, в то время как в серии № 1 расчетов (нижний этаж) этого не наблюдается. Причина заключается в том, что перекрытие нижнего этажа, отделяющее помещение от подвала, имеет повышенное сопротивление теплопередаче по сравнению с междуэтажными перекрытиями. В условиях все большего распространения поквартирных систем отопления с регулированием теплоотдачи приборов требуется разработать методику учета возможных последствий, возникающих при переводе систем отопления смежных квартир на дежурный режим работы.



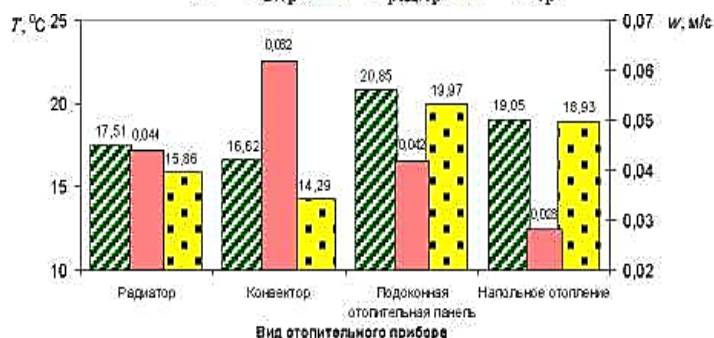
а) Средние значения параметров микроклимата (нижний этаж):

▨ – $T_{в.ср}$; ■ – $T_{рад.ср}$; □ – $w_{ср}$



б) Средние значения параметров микроклимата (средний этаж):

▨ – $T_{в.ср}$; ■ – $T_{рад.ср}$; □ – $w_{ср}$



в) Средние значения параметров микроклимата (верхний этаж):

▨ – $T_{в.ср}$; ■ – $T_{рад.ср}$; □ – $w_{ср}$

Рисунок 2 – Средние значения параметров микроклимата

Рассмотрим среднюю подвижность воздуха и при применении различных отопительных приборов. Однозначно прослеживается, что варианты с напольным отоплением всегда

имеют более низкое значение. Объясняется это принципиально отличающейся картиной течения. Для остальных трех типов это зависит от того, какое направление будет иметь поток воздуха, создаваемый при взаимодействии теплого воздуха, поднимающегося от прибора и холодного воздуха, опускающегося от окна.

В таблицах температурных зон комфорта, составленных в соответствии с [5] для жилого помещения (табл. 1–3), отражается та же тенденция, которая имеет место на рис. 2 со средними значениями параметров микроклимата.

Таблица 1 – Температурные зоны (нижний этаж)

Температурная зона (в соответствии с ГОСТ 30494-96)		Доля сечения (%) в пределах 0...2 м от пола, занимаемая температурной зоной			
Наименование зоны	Диапазон Т воздуха, °С	Радиатор	Конвектор	Подоконная отопительная панель	Напольное отопление
Пониженная Т	$T < 18$	7,77	13,45	0,16	0,54
Допустимая Т (1)	$18 < T < 20$	82,82	85,91	0,41	29,37
Оптимальная Т	$20 < T < 22$	9,07	0,53	16,95	67,97
Допустимая Т (2)	$22 < T < 24$	0,33	0,11	81,44	0,67
Повышенная Т	$T > 24$	0	0	1,04	1,45

Таблица 2 – Температурные зоны (центральный этаж)

Температурная зона (в соответствии с ГОСТ 30494-96)		Доля сечения (%) в пределах 0...2 м от пола, за- нимаемая температурной зоной			
Наименование зоны	Диапазон Т воздуха, °С	Радиатор	Конвектор	Подоконная отопительная панель	Напольное отопление
Пониженная Т	$T < 18$	0,75	0,87	0,16	0,7
Допустимая Т (1)	$18 < T < 20$	74,17	96,77	0,41	45,05
Оптимальная Т	$20 < T < 22$	22,27	1,88	13,02	52,3
Допустимая Т (2)	$22 < T < 24$	2,78	0,42	85,6	0,79
Повышенная Т	$T > 24$	0,03	0,05	0,81	1,16

Таблица 3 – Температурные зоны (верхний этаж)

Температурная зона (в соответствии с ГОСТ 30494-96)		Доля сечения (%) в пределах 0...2 м от пола, зани- маемая температурной зоной			
Наименование зоны	Диапазон Т воздуха, °С	Радиатор	Конвектор	Подоконная отопительная панель	Напольное отопление
Пониженная Т	$T < 18$	96,34	97,92	0,51	4,44
Допустимая Т (1)	$18 < T < 20$	3,17	1,73	2,98	92,9
Оптимальная Т	$20 < T < 22$	0,46	0,34	94,49	1,09
Допустимая Т (2)	$22 < T < 24$	0,03	0,02	1,53	1,56
Повышенная Т	$T > 24$	0	0	0,5	0

Степень комфортности среды обитания человека в общем случае определяется следующими параметрами микроклимата: температурой и влажностью воздуха; температурой внутренних поверхностей, обращенных в помещение; скоростью движения воздуха. Для небольших помещений жилых и общественных зданий, характеризующихся отсутствием существен-

ных влаговыделений, в большинстве случаев не предусматривается устройство систем кондиционирования воздуха и механических систем вентиляции. В этом случае средствами поддержания теплового комфорта остаются только два фактора: температура воздуха и средняя радиационная температура.

Комфортное сочетание показателей микроклимата соответствует таким оптимальным метеорологическим условиям, при которых сохраняется тепловое равновесие, отсутствует напряжение в процессе терморегуляции (см. табл. 4) [6]. В зависимости от физиологического и эмоционального состояния человека, его одежды, возраста, вида выполняемой работы и индивидуальных особенностей организма количество теплоты, теряемой в окружающую среду, может быть различным. В литературе имеются различные по виду, но подобные по характеру варианты теплового баланса. Фангеру удалось составить подробную математическую модель теплообмена человека, решение которой удовлетворяло результатам как его собственных, так и зарубежных экспериментальных исследований [7]. При этом решение было доведено до инженерного использования в виде диаграмм комфорта.

Таблица 4 – Сравнение вариантов с точки зрения обеспечения теплоощущения, максимально близкого к полному комфорту

№ варианта	Прибор	Оценка (в баллах) при теплопродукции тела q , Вт/м ²		Результат
		60	120	
1	Радиатор	2	2	2
2	Конвектор	1	1	1
3	Подоконная отопительная панель	4	3	3,5
4	Напольное отопление	3	4	3,5

Добиться ощущения полного теплового комфорта в рассматриваемых вариантах можно, применив средства индивидуального автоматического регулирования, которые могли бы по заданному алгоритму изменить теплоотдачу отопительного прибора.

Следует заметить, что предельно допустимое значение температуры поверхности пола, обусловленное санитарно-гигиеническими требованиями, составляет 26 °С. Данное значение уже достигнуто в варианте с напольным отоплением. Долговременная эксплуатация системы отопления с более высокой температурой поверхности пола может привести к патологическим изменениям в системе кровоснабжения ног у пользователей помещения. По этой причине, напольное отопление мало пригодно для обеспечения теплового комфорта в отапливаемых помещениях, если человек находится в состоянии покоя.

Анализ результатов расчетов свидетельствует о том, что вид отопительного прибора оказывает значительное влияние на распределение параметров микроклимата (температуры и подвижности воздуха, температуры поверхностей) и уровень теплового комфорта в помещении.

Применение программ, моделирующих процессы переноса между отопительными приборами, ограждениями, человеком и оборудованием, для решения проблем обеспечения теплового комфорта и (или) требуемых технологических условий является перспективным направлением научных исследований и практики проектирования [8]. Использование программ такого рода на этапе проектирования позволит учесть все особенности конкретной задачи и с минимальными затратами подобрать эффективный и экономичный способ обеспечения микроклимата и оценить состояние ограждающих конструкций.

Список используемой литературы

1. Дячек, П.И. Моделирование микроклимата отапливаемых помещений / П.И. Дячек, А.Э. Захаревич // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2009. – № 2. – С. 34-47.
2. Разработка программного продукта и численное исследование распределения параметров микроклимата в отапливаемых помещениях в условиях естественной конвекции: отчет о НИР [Электронный ресурс] / БНТУ; рук. П.И. Дячек // Репозиторий БНТУ. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/5816> (Дата обращения 18.05.2026).
3. Табунщиков, Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. – 194 с.
4. Сотникова, А.Г. Процессы, аппараты и системы кондиционирования воздуха и вентиляции / А.Г. Сотникова // Теория, техника и проектирование на рубеже столетий: в 2 т. – СПб.: АТ-Publishing, 2007. – Т. 2, ч. 2. – 512 с.
5. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003003> (Дата обращения: 18.05.2026).
6. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учеб. для вузов / В.Н. Богословский. – М.: Высш. шк., 1982. – 415 с.
7. Банхиди, Л. Тепловой микроклимат помещений: расчет комфортных параметров по теплоощущениям человека / Л. Банхиди. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с.
8. Nilsson, H.O. Comfort climate evaluation with thermal manikin methods and computer simulation models / H.O. Nilsson, I. Holmer // Indoor Air. – 2003. – Vol. 13. – P. 28-37.

УДК 612.141

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ КЛИМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МИНИ-ОТЕЛЯ

А.О. Шилов (студент)¹, А.Н. Стариков (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа С-322

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: В статье представлены особенности функционирования системы вентиляции и кондиционирования мини-отеля и анализ проблем климатического оборудования, а также многокритериальный анализ, на основании которого принималось решение о выборе оборудования. Каждому средству размещения необходимо периодически заменять оборудование инженерных систем здания, не подлежащее ремонту, так как это влияет на удовлетворенность клиентов качеством отдыха и успешное развитие предприятия, и принимать решение о выборе конкретного оборудования.

Ключевые слова: инженерные системы, система кондиционирования, фанкойл, многокритериальное решение.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE SELECTION OF CLIMATE CONTROL EQUIPMENT FOR A MINI-HOTEL

A.O. Shilov (student)¹, A.N. Starikov (associate professor)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group S-322

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: The article presents the features of the functioning of the ventilation and air conditioning system of a mini-hotel and an analysis of the problems of climate equipment, as well as a multi-criteria analysis, on the basis of which was made on the choice of equipment. Each accommodation facility needs to periodically replace the equipment of the building's engineering systems that cannot be repaired, as this affects customer satisfaction with the quality of recreation and the successful development of the enterprise, to make a decision about the choice of specific equipment.

Keywords: engineering systems, air conditioning system, fan coil, multi-criteria solution.

В настоящее время в условиях рыночной экономики проблема конкурентоспособности гостиничных предприятий является актуальной. Средства размещения ищут пути совершенствования своей деятельности с целью увеличения потока отдыхающих, повышения их удовлетворенности и увеличения рыночного сектора потребителей. Поэтому повышение конкурентоспособности отеля необходимо для закрепления и поддержания позиций на российском рынке гостиничных услуг с целью получения максимальной прибыли.

Повышение конкурентоспособности отеля – это путь к рыночному успеху его гостиничных услуг, а решение проблемы конкурентоспособности – самая сложная задача, требующая целенаправленной и согласованной работы сотрудников всех служб предприятия. Поэтому важным направлением деятельности руководства отеля является разработка стратегического подхода к решению этой проблемы.

Данную проблему целесообразно решать за счет создания максимально благоприятных условий для проживающих в отеле гостей. Для этого необходима качественная работа инженерных систем гостиничного здания, таких как системы отопления, водоснабжения, электро-снабжения и освещения и др.

При строительстве отеля, как правило, используют комбинированные утепляющие материалы, которые препятствуют естественной циркуляции воздуха между помещением и окружающей средой. Кроме того, планировка здания, предусматривающая разделение внутреннего помещения на изолированные комнаты, частично исключает возможность организации естественной вентиляционной системы.

На этом основании циркуляция воздуха в помещениях осуществляется механическим способом посредством вытяжной системы вентиляции, которая позволяет своевременно удалять отработанные потоки воздуха через вытяжные каналы, установленные в определенных помещениях: на кухне, в подсобных помещениях, санузлах.

Удаленный загрязненный воздух заменяется свежим, поступающим в помещения снаружи через открытые окна. Движение воздуха осуществляется за счет вентилятора, который расположен на чердачном помещении здания.

Следует отметить, что вентиляционная система в отеле справляется со своей задачей, т. е. удаляет обработанный воздух из помещения, создавая условия для притока свежих воздушных масс. Принцип работы данной системы довольно прост: как только осуществляется

централизованный пуск вентилятора, загрязненный воздух удаляется из помещений посредством вытяжных отверстий, находящихся в помещениях. При этом в номерах отеля обеспечивается комфортный микроклимат с температурой воздуха 22...250 °С, относительной влажностью 40...55 %, скоростью движения воздуха до 0,2 м/с [1, 2, 4].

Однако требования к микроклимату у гостей отеля довольно разные: кому-то более комфортно в теплом помещении, а у некоторых гостей лучше самочувствие в прохладном. Поэтому для создания индивидуального комфортного микроклимата в гостинице с заданной температурой и влажностью воздуха одной системы вентиляции недостаточно. С целью создания комфортных условий пребывания гостей в отеле его система вентиляции дублируется централизованной системой кондиционирования чиллер-фанкойл.

Принцип работы данной системы кондиционирования состоит в следующем: воздух, находящийся в помещении, поступает на теплообменник фанкойла. Затем в нем он приобретает необходимую температуру – охлаждается или нагревается. В качестве теплоносителя выступает вода, находящаяся под небольшим давлением. Система является замкнутой. Чиллер и насосная станция установлены на кровле здания.

Поскольку теплоемкость воды в четыре раза больше теплоемкости воздуха, это позволяет снизить энергетические затраты на обогрев. В фанкойле вторичный воздух, или смесь первичного и рециркуляционного воздуха, в зависимости от времени года охлаждается или нагревается в теплообменнике.

К внутренним блокам по системе трубопроводов подводится холодная вода в теплый период года или горячая вода в переходный или холодный периоды года. Циркуляцию воды в системе чиллер-фанкойл обеспечивает насосная станция, расположенная на кровле здания. Фанкойлы в данном случае работают на смеси наружного и рециркуляционного воздуха. Данная система часто применяется в средствах размещения [2, 4].

Функционирование системы кондиционирования в гостинице позволяет создать комфортных условий в любое время года во всех помещениях. При этом главным потребителем электроэнергии является один чиллер средней мощности, к которому с помощью насосной станции подключается необходимое количество установленных в номерах фанкойлов

Гости отеля предъявляют высокие требования к системе кондиционирования и вентиляции. На первом месте – бесшумность работы оборудования. Дело в том, что постояльцы загородного мини-отеля стремятся провести свое время вдали от городского шума и загрязненного воздуха и гостевой номер для них в первую очередь представляет собой место отдыха, поэтому даже малейший шум или вибрации могут нарушить покой отдыхающих.

В процессе изучения гостевого журнала одного из гостиничных предприятий было выявлено, что за последнее время не все гости довольны работой системы кондиционирования. Особенно много жалоб пришлось на летний период. Структура обращений на отклонения в работе системы кондиционирования следующая: в двух номерах второго этажа не поддерживается заданный температурный режим, в двух других – фанкойлы производят посторонние шумы при работе и непроизвольно отключаются, в одном из номеров первого этажа фанкойл вышел из строя (не включается). Анализ нареканий клиентов представлен на рисунке 1.

Как видно из диаграммы на рис. 1 половина жалоб гостей связана с шумом, издаваемым фанкойлами при работе. На основании осмотров всего оборудования системы кондиционирования сотрудниками инженерно-технической службы мини-отеля было сделано заключение, что чиллер и насосная станция функционируют исправно, давление в трубах соответствует норме, замеры температуры в номерах показали, что некоторые блоки не удерживают заданную температуру, перегревают или недогревают воздух, один из фанкойлов вышел из строя и

не подлежит ремонту. Был сделан вывод о необходимости разработки мероприятий по совершенствованию системы кондиционирования гостиницы, т.е. о подборе нового оборудования с учетом условий эксплуатации и замене вышедшего из строя.



Рисунок 1 – Анализ жалоб гостей отеля

Проведенный анализ рынка климатического оборудования позволил сделать заключение, что на российском рынке данное оборудование представлено довольно широко различными фирмами-производителями. Агрегаты разных фирм различаются по типам, мощности, внешнему виду, цене и другим характеристикам.

Предполагается в жилых номерах отеля установка напольных фанкойлов. Данный вид оборудования имеет ряд преимуществ. Они аккуратно монтируются в комнате, что делает их незаметными в интерьере. Доступ к внутренним частям для технического обслуживания оборудования весьма удобный, его можно осуществить через съемную переднюю панель.

Для того чтобы принять решение о выборе того или иного устройства, следует точно сформулировать требования к выбираемому оборудованию для гостиничного номера площадью 14 м²-18 м²: на 1 номер – 1 фанкойл; тип – напольный; холодопроизводительность 1,3-2,0 кВт; теплопроизводительность до 2,2 кВт; шум при работе не должен превышать 45 дБА; габариты – до 900x300x250 мм; управление при помощи встроенного электромеханического термостата и дистанционного пульта; вес до 30 кг; фильтр должен быть легко доступен для обслуживания; производитель – «General Climate», «Daikin», «Carrier», «McQuay», «Trane», «York», «MDV»; гарантийный срок – 1-3 года; цена до 30 000 руб. [1].

При изучении рынка климатических систем были исследованы официальные сайты компаний-производителей, поставщиков и компаний, производящих установку и обслуживание данного оборудования. В соответствии с наиболее важными требованиями к фанкойлам, было отобрано для дальнейшего анализа оборудование, представленное в таблице 1.

Принятие того или иного решения предполагает деятельность, направленную на выбор наилучшего варианта действий. В данном случае необходимо принять решение о том, какую именно модель фанкойла следует закупить. Для этого необходимо проанализировать по основным показателям все рассматриваемые варианты.

Необходимость обоснованного выбора заключается в том, что просто выбор на основании какого-либо одного параметра (например, ориентация на самую низкую цену) может быть ошибочным и не приведет к желаемому результату.

Лицо, фактически осуществляющее выбор наилучшего варианта действий, принято называть лицом, принимающим решения (ЛПР). В современной науке о принятии решений

считается, что варианты решений характеризуются различными показателями их привлекательности для ЛПП. Эти показатели называют признаками, факторами, атрибутами или критериями [3].

Таблица 1 – Сравнительная характеристика фанкойлов. Множество возможных решений

Марка	Модель	Мощность охлаждения (кВт)	Мощность обогрева (кВт)	Уровень шума (дБА)	Стоимость единицы оборудования (руб.)
Carrier	Carrier 42NMS15F	1,49	2,09	34	17 103
Carrier	Carrier42NM25S	2,18	3,05	45	18 619
York	YORK YSF 10	1,16	1,56	34	35 207
York	YORK YSF 20	1,58	2,81	35	38 452
General Climate	General Climate GCX-V-01	1,44	2,44	27	17 483
General Climate	General Climate GCX-V-02	2,06	3,36	28	18 786
Daikin	Daikin FWV01DTN	1,54	2,14	33	15 937
Daikin	Daikin FWV01DFN	1,46	1,9	33	19 145
Trane	TRANE FCC 02	1	–	26	21 702
Trane	TRANE FCC 04	2,7	–	32	27 580
McQuay	«McQuay MFU012C	1,30	2,20	32	14 401
McQuay	«McQuay MFU020C	1,70	2,70	33	15 003
MDV	MDV MKH1i-150	1,15	1,52	34	15 173
MDV	MDV MKH1i-300	1,73	3,49	34	14 773

Примем следующие критерии для выбора: производительность по холоду – это первый показатель качества (ПК-1), уровень шума – второй показатель качества (ПК-2), цена – третий показатель качества (ПК-3).

Для более точного определения подходящего варианта задаем определенные рамки критериев: производительность по холоду должна быть в пределах от одного до двух кВт; уровень шума – не выше 35 децибел; цена – до 20 000 рублей за единицу оборудования.

Для осуществления обоснованного выбора необходимо из множества возможных решений (табл. 1) выбрать множество допустимых решений (табл. 2).

Таблица 2 – Множество допустимых решений выбора оборудования

№ п/п	Марка	Модель	Мощность охлаждения (кВт)	Уровень звукового давления (дБА)	Стоимость фанкойла (руб)
1.	Carrier	Carrier 42NMS15F	1,49	34	17 103
2.	General Climate	General Climate GCX-V-01	1,44	27	17 483
3.	Daikin	Daikin FWV01DTN	1,54	33	15 937
4.	Daikin	Daikin FWV01DFN	1,46	33	19 145
5.	McQuay	McQuay MFU012C	1,30	32	14 401
6.	McQuay	McQuay MFU020C	1,70	33	15 003
7.	MDV	MDV MKH1i-150	1,15	34	15 173
8.	MDV	MDV MKH1i-300	1,73	34	14 773

Решением ЛПР в данном случае является вариант № 5 модель «McQuay MFU012C», т. к. данная модель обладает необходимыми техническими характеристиками и минимальной ценой. Данное предположение нуждается в научном обосновании.

Проведем анализ сравнения вариантов оборудования методом сравнения суммарной длины векторов (см. табл. 3). Для этого используется формула

$$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

где X – ПК-1 (мощность охлаждения, кВт); Y – ПК-2 (уровень звукового давления, дБА); Z – ПК-3 (цена, тыс. руб.).

По этой формуле необходимо найти суммарную длину векторов по каждому варианту оборудования. Наилучшим вариантом в данном случае окажется тот, чья сумма длин векторов является наименьшей. Для наглядности и удобства обработки расчеты заносим в таблицу 4.

Как видно из табл. 4, оптимальным решением оказался также вариант № 2 «General Climate GCX-V-01», как наиболее удовлетворяющий основным требованиям.

Таким образом, в результате применения трех способов нахождения наиболее оптимального варианта выявлены следующие решения: 1) решение ЛПР – вариант № 5 модель «McQuay MFU012C», как модель, лидирующая по минимальной цене; 2) решение в результате отсекающего множества худших значений – вариант № 2 модель «General Climate GCX-V-01», как модель, характеризующаяся оптимальным сочетанием выбранных показателей; 3) решение путем нахождения минимальной суммы длин векторов – вариант № 2 модель «General Climate GCX-V-01», как модель, характеризующаяся оптимальным сочетанием выбранных показателей.

Таблица 3 – Основные показатели качества среди допустимых решений

№ п/п	Мощность охлаждения (кВт)	Уровень звукового давления (дБА)	Стоимость единицы оборудования (руб.)
1.	0,671	34	17 103
2.	0,694	27	17 483
3.	0,649	33	15 937
4.	0,685	33	19 145
5.	0,769	32	14 401
6.	0,588	33	15 003
7.	0,870	34	15 173
8.	0,578	34	14 773

Таблица 4 – Определение наилучшего варианта путем нахождения суммы длин векторов

№ п/п	Мощность охлаждения (кВт)	Уровень звукового давления (дБА)	Стоимость единицы оборудования (тыс.руб.)	$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$
1.	1,49	34	17,103	38,09
2.	1,44	27	17,483	32,20
3.	1,54	33	15,937	36,68
4.	1,46	33	19,145	38,18
5.	1,3	32	14,401	35,12
6.	1,7	33	15,003	36,29
7.	1,15	34	15,173	37,25
8.	1,73	34	14,773	37,11

Поскольку вариант № 2 упоминается два раза из трех, следует, что он является наиболее оптимальным и данная модель оборудования рекомендована для установки в мини-отеле.

Список используемой литературы

1. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573697256> (Дата обращения: 18.05.2026).
2. Белова, Е.М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях / Е.М. Белова. – М.: Евроклимат, 2006. – 642 с.
3. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений: учебник / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2002. – 392 с.
4. Ляпина, И.Ю. Организация и технология гостиничного обслуживания: учебник / И.Ю. Ляпина. – М.: АCADEMIA, 2005. – 206 с.

УДК 69.003.12

РЕШЕНИЯ ПО ОТОПЛЕНИЮ И ВЕНТИЛЯЦИИ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА ПО АДРЕСУ: Г. ВЛАДИМИР, УЛ. ЭЛЕКТРОЗАВОДСКАЯ, Д. 5

Г.В. Гордеева (заместитель директора по проектированию)¹,
Э.Е. Красавина (инженер-проектировщик)¹

¹ ООО «Энергостройпроект», г. Владимир

Аннотация: Рассмотрены варианты источников отопления и вентиляции для литейного цеха. Проведено технико-экономическое обоснование выбора источника теплоснабжения.

Ключевые слова: литейный цех, источник отопления и вентиляции, термомодуль, тепловой пункт, котельная.

HEATING AND VENTILATION SOLUTIONS FOR THE FOUNDRY SHOP AT 5 ELEKTROZAVODSKAYA STREET, VLADIMIR

G.V. Gordeeva (deputy director on design)¹,
E.E. Krasavina (design engineer)¹

¹ LLC «Energostroyproekt», Vladimir

Abstract: Variants of heating and ventilation sources for a foundry are considered. A feasibility study of the choice of a heat supply source has been carried out.

Keywords: foundry, heating and ventilation source, thermal module, heat point, boiler room.

Огромное количество литейных заводов на территории нашей страны построено во времена СССР. Некоторые из них так и работают на старом оборудовании, другие – пытаются плавно вести модернизацию на территории существующих цехов, но есть и такие заводы, которые принимают решительные меры – сносят старые цеха, а взамен них строят новые.

Одним из примеров такого подхода является предприятие ООО «Владимирский Индустриальный Парк», которое демонтировало литейный цех на территории существующего предприятия и в границах старого цеха будет строить новый литейный цех расплавов и сплавов, который бы соответствовал требованиям сегодняшнего дня.

В данной статье особое внимание уделено выбору источника отопления и вентиляции цеха. В данной статье будут рассмотрены различные варианты источников теплоснабжения цеха с точки зрения экономической составляющей, а также надежности эксплуатации.

Цех расплавов и сплавов предусмотрено построить в габаритах старого цеха по адресу: г. Владимир, ул. Электrozаводская, д. 5. Цех имеет размеры 87x132 м, высота конька 19,6 м и должен состоять из двух зон: технологической и зоны административно бытового корпуса (АБК).

Зона АБК четырехэтажная. В ней размещены помещения административного и технического персонала, столовая на 120 посадочных мест, мастерские, архив, электрощитовые и серверные, санузлы и душевые, а также помещения для обеспечения зданий теплом и вентиляцией. Производственная зона одноэтажная. Цех разработан в виде рамно-связевого каркаса. Для стен АБК планируется использовать газобетон в качестве основного материала, со слоем теплоизоляции 50 мм. Стены производственной зоны предусмотрены из сэндвич-панелей поэлементной сборки «Металл-профиль» толщиной 100 мм.

Расчет тепловых нагрузок выполнен с учетом расхода тепла на отопление, вентиляцию и ГВС и представлен в таблице 1.

Предприятие подключено к централизованному теплоснабжению, а также имеет на своей территории газопровод высокого давления с большими лимитами газа. Данные факторы легли в основу выбора источника теплоснабжения для АБК и производственной зоны, так как предполагаемый источник теплоснабжения должен иметь минимальную стоимость строительства и при этом обладать такими качествами как надежность, живучесть и резервирование.

Таблица №1 – Расчетные тепловые нагрузки

Наименование потребителя	Расход тепла, МВт (Гкал/ч)					
	Отопление	Вентиляция	ГВС (ср.)	ГВС (макс.)	Собственные нужды	Общий (с макс. ГВС)
АБК литейного производства	0,097 (0,083)	0,578 (0,497)	0,361 (0,310)	0,864 (0,743)	0,033 (0,028)	1,572 (1,352)
Производственная зона	0,559 (0,481)	3,938 (3,386)	–	–	–	4,498 (3,868)

Для зоны АБК рассматривались такие источники как:

1) Использование тепловых сетей. В этом случае требуется обустройство индивидуального теплового пункта на первом этаже и прокладка тепловой сети длиной не менее 500 метров до потребителя. Хотя покупка дополнительного теплогенерирующего оборудования не требуется, значительные затраты на прокладку сетей и организацию ИТП делают этот вариант менее привлекательным.

2) Установка котельной. Этот выбор влечет за собой существенное увеличение затрат. Помимо расходов на оборудование и подключение газа, необходимо учитывать стоимость дымовой трубы. Более того, встроенная котельная занимает часть первого этажа, что нарушает

целостность предусмотренных помещений, а дымовая труба высотой более 23 м, расположенная на фасаде и превышающая высоту конька здания, значительно ухудшает внешний вид здания и требует дополнительных расходов.

3) Использование термомодуля отличается экономичностью, поскольку включает лишь затраты на подключение газа, покупку термомодуля и оборудования индивидуального теплового пункта (ИТП) с зависимой схемой подключения. Размещение термомодуля на крыше здания позволяет сохранить внутреннюю площадь помещений в полном объеме, что полностью соответствует требованиям технического задания.

Было проведено технико-экономическое сравнение трех вариантов (см табл. 2, рис. 1).

Таблица №2 – Технико-экономическое обоснование источника тепла АБК

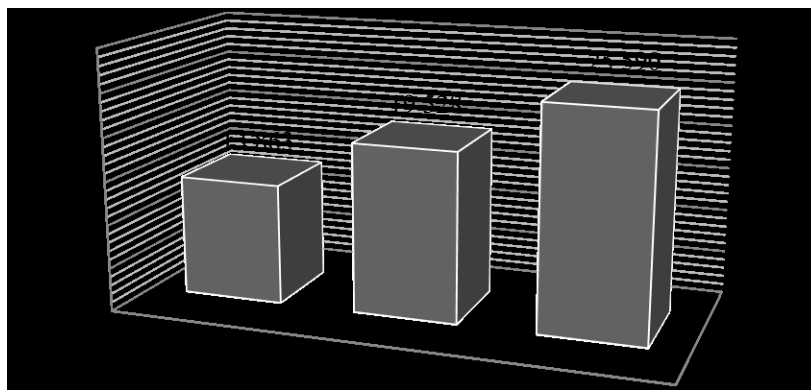
Наименование	Термомодуль		БМК		ИТП	
	Цена, тыс. руб.	Обоснование [1–4]	Цена, тыс. руб.	Обоснование [1–4]	Цена, тыс. руб.	Обоснование [1–4]
Оборудование	13297,30	КП	12745,86	НЦС 81-02-19-2026 таблица 19-02-002	9065,80	НЦС 81-02-19-2026 таблица 19-02-003
Сети газоснабжения	565,32	НЦС 81-02-19-2026 таблица 19-02-001	565,32	НЦС 81-02-19-2026 таблица 19-02-001	–	–
Сети теплоснабжения	–	–	–	–	16524,03	НЦС 81-02-13-2026 таблица 13-02-002
Дымовая труба	–	–	6216,62	КП (высота 23 м, 2 шт.)	–	–
Итого	13862,63	–	19527,80	–	25589,83	–

Переходя к производственной зоне, следует отметить, что выбор источника тепла здесь требует особого внимания из-за большого объема помещения. Изначально была принята концепция воздушного отопления, и для нее были рассмотрены три варианта:

1) Использование теплогенератора. Это решение удобно тем, что позволяет совместить функции отопления и вентиляции без дополнительных затрат на строительство котельной или ИТП, а также без необходимости закупки оборудования для приточной вентиляции. Основные затраты здесь связаны с подключением газа и устройством дымовой трубы.

2) Установка котельной. Сопряжено с рядом недостатков: необходимо выделение отдельного помещения под котельную, что сокращает полезную площадь в производственной зоне, а также значительные расходы на оборудование и дымовой трубу. Кроме того, потребуются организация системы вентиляции.

3) Использование тепловых сетей. В этом случае необходимо строительство индивидуального теплового пункта, прокладка тепловых сетей и закупка вентиляционного оборудования. Этот вариант предполагает существенные капитальные вложения на этапе реализации и может потребовать дополнительных эксплуатационных затрат в дальнейшем.



ИТП

Рисунок 1 – Сравнение стоимости строительства источников теплоты для АБК

Было проведено технико-экономическое сравнение трех вариантов (таблица 3, рис. 2).

Таблица № 3 – Технико-экономические обоснование источника тепла производственной зоны

Наименование	Теплогенератор		Котельная		ИТП	
	Цена, тыс. руб.	Обоснование [1–4]	Цена, тыс. руб.	Обоснование [1–4]	Цена, тыс. руб.	Обоснование [1–4]
Оборудование	28051,52	КП	8716,95	НЦС 81-02-19-2026 таблица 19-02-001	9234,36	НЦС 81-02-19-2026 таблица 19-02-003
Вентиляция		КП	126763,95	КП	126763,95	КП
Сети газоснабжения	566,18	НЦС 81-02-19-2026 таблица 19-01-001	566,18	НЦС 81-02-19-2026 таблица 19-01-001	-	-
Сети тепло-снабжения	-	-	-	-	27193,33	НЦС 81-02-19-2026 таблица 13-02-001
Дымовая труба	8615,66	КП	10854,93	КП (высота 23 м, 3 шт.)	-	-
Итого	37233,36	-	146902,01	-	163191,64	-

Цена, тыс. руб.

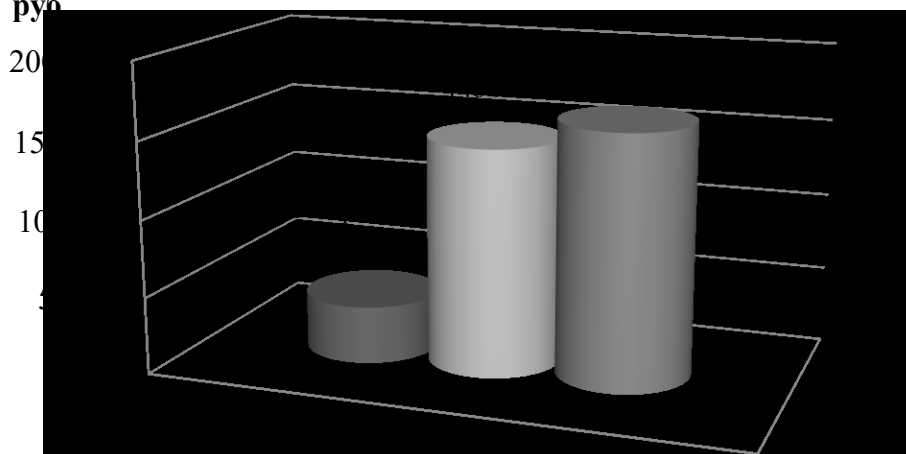


Рисунок 2 – Сравнение стоимости строительства источников теплоты для АБК

В ходе исследования для АБК было выбрано решение по использованию термомодуля, а для производственной зоны – применение уличного газового теплогенератора.

Выбранные системы отличаются высокой гибкостью и масштабируемостью: модульные решения, включающие теплогенераторы, термомодуль и отдельные вентиляционные установки, дают возможность оперативно адаптировать систему к изменениям технологического процесса и потенциальному росту производственных мощностей. Надежность системы обеспечивается резервированием ключевого оборудования – наличием нескольких теплогенераторов и термомодулей, – а также использованием долговечных материалов, таких как нержавеющая сталь для воздухопроводов и армированные полипропиленовые трубы. Продуманная схема прокладки коммуникаций дополнительно повышает отказоустойчивость и продлевает срок службы всей инженерной инфраструктуры.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 12.1.005.88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (Дата обращения: 18.05.2026).
2. НЦС 81-02-13-2026. Укрупненные нормативы цены строительства. Сборник № 13. Наружные тепловые сети [Электронный ресурс] // Минстрой России. – Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/478745/> (Дата обращения: 18.05.2026).
3. НЦС 81-02-19-2026. Укрупненные нормативы цены строительства. Сборник № 19. Здания и сооружения городской инфраструктуры [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/478751/> (Дата обращения: 18.05.2026).
4. СП 50.13330.2024 Свод правил. Тепловая защита зданий [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1306326592> (Дата обращения: 18.05.2026).

УДК 658.264

ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ: ПЕРЕХОД НА НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ТЕПЛА

Д.А. Сорокин (студент)¹, П.Ю. Пазухин (ассистент, кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа С-324

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Проведен сравнительный анализ современных низкоуглеродных источников тепла в системах теплоснабжения. Рассматриваются тепловые насосы, биомасса, геотермальная и солнечная энергия, утилизация вторичного тепла и гибридные системы. Для каждой технологии оцениваются экологические показатели (выбросы CO₂, частиц), энергетическая эффективность, технико-экономические характеристики и области эффективного применения.

Ключевые слова: декарбонизация, теплоснабжение, низкоуглеродные источники тепла, тепловые насосы, биомасса, геотермальная энергия, солнечные коллекторы, утилизация тепла, гибридные системы.

DECARBONIZATION OF HEAT SUPPLY: TRANSITION TO LOW-CARBON HEAT SOURCES

D.A. Sorokin (student)¹, P.Yu. Pazukhin (assistant)²

¹ *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group S-324*

² *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair*

Abstract: A comparative analysis of modern low-carbon heat sources in heat supply systems has been carried out. Heat pumps, biomass, geothermal and solar energy, recycling of secondary heat and hybrid systems are considered. For each technology, environmental indicators (CO₂ emissions, particles), energy efficiency, technical and economic characteristics, and areas of effective use are evaluated.

Keywords: decarbonization, heat supply, low-carbon heat sources, heat pumps, biomass, geothermal energy, solar collectors, heat recovery, hybrid systems.

Сектор теплоснабжения потребляет много энергии, обеспечивая отопление и горячую воду. Большая часть тепла до сих пор получается за счет сжигания газа, угля и мазута, что вызывает значительные выбросы парниковых газов. В связи с климатическими целями многих стран сокращение углеродного следа теплоснабжения стало приоритетом. Это требует перехода на возобновляемые источники, электрификации тепла и модернизации тепловых сетей, включая развитие низкотемпературных централизованных систем новых поколений с низкими температурами подачи. Подчеркивается важность внедрения централизованных сетей 4...5-го поколений с низкотемпературными контурами и интеграцией возобновляемых источников [1]. Такие меры позволяют использовать низкоуглеродные технологии при сохранении надежного теплоснабжения. Для их реализации необходим комплексный подход: развитие возобновляемых источников тепла, энергосберегающая модернизация сетей и внедрение интеллектуального управления.

При выборе технологий учитывают выбросы CO₂ и других загрязнителей, энергоэффективность (КПД), капитальные и эксплуатационные затраты, а также масштаб и стабильность поставки энергии. Оптимальный выбор определяется региональными условиями: наличием возобновляемых ресурсов (электроэнергии, биомассы, геотермального потенциала) и климатом.

Тепловые насосы забирают тепло из воздуха, грунта или воды и передают его в отопительную систему с помощью обратного цикла. Большая часть тепла получается из окружающей среды, а для работы используется электроэнергия компрессора. В умеренном климате современные воздушные тепловые насосы имеют коэффициент преобразования (КПД) около 3...4, то есть выдают в 3...4 раза больше тепла, чем потребляют электроэнергии. Это обеспечивает их высокую энергоэффективность. Такие насосы практически не приводят к увеличению углеродного следа при питании «зеленой» электроэнергией. Они способны покрыть базовую отопительную нагрузку в межсезонье без дополнительных источников. При этом их эффективность падает на очень низких температурах, поэтому часто требуется резервирование, например газовым котлом. Но современные модели остаются работоспособными при температурах до -20...-25 °С наружного воздуха. Преимущества тепловых насосов – высокий КПД и отсутствие прямых выбросов CO₂ в месте отопления. Они универсальны: подходят как для частных домов, так и для централизованных тепловых сетей. Расчеты показывают, что при

современных тарифах тепловые насосы обеспечивают относительно дешевое тепло (стоимость 1 МДж тепла значительно ниже, чем при чисто электрическом обогреве).

Биомасса (древесные отходы, щепа, паллеты, солома и др.) – традиционное возобновляемое твердое топливо. При ее сжигании выделяется CO_2 , но при устойчивом лесо- и сельском хозяйстве этот углерод ранее был поглощен растениями, поэтому биомассу условно считают углеродно-нейтральной. Преимущества биомассы: возможность перевода существующих угольных или мазутных котельных на новое топливо с минимальной модернизацией и локальное производство энергии в лесных и сельских районах. По данным, при достаточном объеме местного сырья затраты на тепло от биомассы могут снизиться в несколько раз, что делает ее экономичным решением в правильных условиях [2]. Технологии пиролиза и газификации позволяют извлекать из биомассы не только тепло, но и электроэнергию, повышая эффективность использования ресурсов. Однако есть и недостатки. Логистика поставок биотоплива сезонна: нужно строить склады для щепы, соломы, а транспортировка на большие расстояния недешевая. При сжигании биомассы выделяются твердые частицы (сажа, пыль), зола и оксиды азота, поэтому необходимы качественные системы фильтрации и газоочистки. Кроме того, важно соблюдать баланс вырубки и восстановления лесных массивов: при чрезмерном использовании биомассы возможна деградация экосистем.

Геотермальные системы используют внутреннее тепло Земли. Существует два основных подхода: добыча горячей воды или пара из глубоких скважин и закачка воды в горячие породы с последующим извлечением нагретого потока. Геотермальные установки дают стабильное тепло круглосуточно и круглогодично, в отличие от погодозависимых источников. Они практически не сжигают топливо, поэтому прямых выбросов CO_2 и загрязняющих веществ нет [3]. Геотермальные электростанции могут работать десятилетиями с низкими эксплуатационными затратами. Активное развитие геотермии связано с ее высокой экологичностью и низкой себестоимостью энергии [3]. Описано, что геотермальные тепловые насосы в частных домах позволяют отопить здание и обеспечить ГВС без участия ископаемого топлива [1]. Недостаток геотермии – высокая географическая привязанность и инвестиции. Экономичные геотермальные ресурсы высокой температуры встречаются лишь в зонах вулканической активности (Исландия, Камчатка, итальянские вулканы и др.). Бурение глубоких скважин требует больших капиталовложений и оправдано только при больших нагрузках. Для прямого использования тепла (вода $> 100\text{ }^\circ\text{C}$) ресурсы редки, поэтому часто применяют низкотемпературные схемы (например, горизонтальные коллекторы или грунтовые зонды) и теплообменники, что снижает КПД системы.

Солнечные коллекторы (плоские или вакуумные трубчатые) преобразуют энергию Солнца в тепло воды. Они дают бесплатное тепло без выбросов и подходят для нагрева воды в ГВС и отоплении бассейнов, особенно в теплое время года. Вакуумные коллекторы эффективнее обычных при низкой температуре и могут генерировать тепло даже в холодные и пасмурные дни. Основной минус – сильная сезонная и суточная неравномерность. Зимой, когда требуется отопление, солнечной энергии мало, особенно в северных широтах. Поэтому для круглогодичного теплоснабжения солнечные установки обычно дополняют буферными тепловыми аккумуляторами или резервными котлами (газовыми или электрическими), что увеличивает стоимость системы. Солнечные коллекторы эффективнее всего применять в гибридных схемах: летом они покрывают пиковую нагрузку ГВС, а в остальное время дополняются другими источниками тепла. Это позволяет оптимизировать систему и снизить использование ископаемого топлива.

Утилизация отработанного тепла промышленных предприятий, котельных и дата-центров – важный способ повысить энергоэффективность. В этих системах сбрасывается большое количество теплоты, которую можно отбирать и передавать потребителям через теплообменники и насосы. Такой подход не требует дополнительного топлива и приводит к существенному сокращению потребления первичной энергии и выбросов: ранее теряемая теплота начинает отдавать пользу. По данным [4], переработка низкопотенциальных тепловых отходов даже позволяет генерировать электроэнергию из теплых стоков. Были описаны утилизационные установки для ЦОД [5], позволяющие эффективно отводить и использовать выделяющееся тепло. Главный недостаток утилизации – территориальная привязка: потребитель тепла должен находиться рядом с источником, иначе нужны протяженные тепловые сети. Кроме того, нужно тщательно согласовывать режимы сброса и потребления тепла. Тем не менее, в ряде городов уже используются схемы, где тепло от крупных предприятий и ЦОД поступает в городскую котельную, позволяя частично заменить импортируемый газ и снизить выбросы.

Гибридные системы объединяют несколько источников и буферов в единой сети с интеллектуальным управлением. Например, в одном комплексе могут сочетаться солнечные коллекторы, тепловой насос, котел на биомассе (или газовый) и накопительные емкости. Такая система распределяет нагрузку: солнечные коллекторы работают днем летом, тепловой насос – в межсезонье, а пиковые зимние нагрузки покрывает котел. Гибридные комплексы повышают надежность и гибкость теплоснабжения. Указывается, что гибридные сети с когенерацией позволяют эффективнее использовать топливо. Гибридные системы обладают регенеративными и аккумулятивными свойствами: они могут преобразовывать избыточную энергию (например, в водород или накопители тепла) и тем самым выравнивать суточные и сезонные графики нагрузки [6, 7]. Хотя такие комплексы пока дороже традиционных систем, снижение стоимости технологий и стимулы «зеленой» энергетики делают их все более привлекательными.

Ни одна технология не является универсальной. Оптимальный выбор определяется климатом, ресурсами, инфраструктурой и экономическими факторами. Тепловые насосы эффективны в регионах с дешевой низкоуглеродной электроэнергией и мягким климатом, биомасса – в лесных и сельских районах при устойчивом обеспечении сырьем, геотермальная энергия – в зонах с теплыми недрами. Утилизация вторичного тепла дает наибольший эффект в промышленных агломерациях. Наибольший потенциал снижения выбросов связан с интеграцией низкоуглеродных технологий в гибридные «умные» сети [7]. Такие системы компенсируют ограничения отдельных компонентов и обеспечивают надежность теплоснабжения за счет аккумуляции и управления нагрузками. Для этого необходим комплексный подход: расширение возобновляемых источников и строительство тепловых аккумуляторов, а также государственные программы и обновление нормативной базы для поддержки «чистой» энергетики.

Список используемой литературы

1. Сафин, М.А. Применение установки получения геотермальной энергии для отопления частных домов с целью развития зеленой энергетики / М.А. Сафин, Г.Ф. Идрисова // Проблемы энергетики. – 2020. – № 3. – С. 87–95.
2. Пшинько, О.М. Использование региональных возобновляемых биоресурсов для работы системы теплоснабжения / О.М. Пшинько, В.О. Габринец, В.Г. Кузнецов // Наука та прогрес транспорту. 2017. – № 1 (67). – С. 23–31.

3. Янковский, С.А. Тепловые схемы геотермальной энергетики / С.А. Янковский // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334, № 7. – С. 122–136.
4. Гафуров, А.М. Утилизация тепловых вторичных энергоресурсов промышленных предприятий для выработки электроэнергии / А.М. Гафуров, Б.М. Осипов, Н.М. Гафуров // Проблемы энергетики. – 2016. – № 11–12. – С. 112–118.
5. Жилиев, Э.С. Утилизационные установки на ЦОД. Оборудование, методы отвода тепла от него, энергоэффективность / Э.С. Жилиев // Вестник науки. – 2023. – № 5. – С. 45–52.
6. Коваленко, Е.В. Гибридные энергетические комплексы с когенерацией в изолированных энергосистемах / Е.В. Коваленко, М.Г. Тягунов // Альтернативная энергетика и экология. – 2015. – № 10–11. – С. 85–91.
7. Седнин, А.В. Проблемы развития гибридных систем теплоснабжения / А.В. Седнин, К.М. Дюсенов // Энергетика. – 2024. – Т. 67, № 2. – С. 173–188.

УДК 697

ВЗАИМОСВЯЗЬ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ И ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ: ОПТИМИЗАЦИЯ КОМФОРТА, ЗДОРОВЬЯ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

А.Д. Моисеева (студент)¹, П.Ю. Пазухин (ассистент, кафедра ТГВиГ)²

¹ *ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра СК, группа С-224*

² *ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ*

Аннотация: Статья раскрывает взаимосвязь микроклимата помещений и инженерных систем (отопление, вентиляция, кондиционирование), подчеркивая их роль в оптимизации комфорта, здоровья и энергопотребления. Рассматриваются современные подходы к проектированию энергоэффективных систем с рекуперацией тепла и «умным» управлением, обеспечивающими равномерный микроклимат, профилактику заболеваний и сокращение затрат энергии.

Ключевые слова: микроклимат, инженерные системы, оптимизация, энергопотребление, здоровье, отопление, вентиляция, кондиционирование.

RELATIONSHIP BETWEEN INDOOR MICROCLIMATE AND ENGINEERING SYSTEMS: OPTIMIZATION OF COMFORT, HEALTH, AND ENERGY CONSUMPTION

A.D. Moiseeva (student)¹, P.Yu. Pazukhin (assistant)²

¹ *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group S-224*

² *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair*

Abstract: The article reveals the relationship between indoor microclimate and engineering systems (heating, ventilation, air conditioning), emphasizing their role in optimizing comfort, health, and energy consumption. Modern approaches to the design of energy-efficient systems with heat recovery

and “smart” control are considered, ensuring a uniform microclimate, disease prevention and reduction of energy costs.

Keywords: microclimate, engineering systems, optimization, energy consumption, health, heating, ventilation, air conditioning.

Наша физиология требует поддержания определенных условий для оптимального функционирования. Организм человека тратит значительные энергетические ресурсы на поддержание внутренней температуры тела, то есть на терморегуляцию. Когда на терморегуляцию не требуется чрезмерных усилий, человек может направить свою энергию на выполнение повседневных задач, будь то работа, учеба или отдых, сохраняя при этом хорошее самочувствие и высокую продуктивность.

Именно поэтому так важен микроклимат в помещении, ведь он напрямую влияет на то, насколько эффективно наш организм справляется с терморегуляцией.

Микроклимат помещения – это комплексное понятие, охватывающее температуру воздуха, уровень влажности, динамику воздушных потоков, а также чистоту воздушной среды. Эти параметры оказывают первостепенное влияние на наше самочувствие, работоспособность и общее состояние здоровья. Создание и поддержание оптимального микроклимата напрямую зависит от грамотно спроектированных и эксплуатируемых инженерных систем здания. Именно в неразрывной связи между микроклиматом и инженерными системами кроется ключ к оптимизации комфорта, сохранению здоровья и снижению энергопотребления.

Чтобы полностью раскрыть потенциал оптимизации, необходимо более детально рассмотреть каждую из составляющих, отвечающих за формирование этой благоприятной среды.

Инженерные системы – основа функционирования современного здания, отвечающие за создание и поддержание благоприятных условий. К ним относятся системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, электроснабжение и другие.

Системы отопления (СО) нужны для поддержания комфортной температуры в помещениях в холодное время года. Важнейшими аспектами качественного отопления являются равномерное распределение тепла по всему объему помещения и отсутствие «холодных зон». Недостаточное отопление приводит к дискомфорту и повышению риска простудных заболеваний, в то время как чрезмерное – к перегреву, сухости воздуха и нерациональному расходу энергии. Оптимальный диапазон находится в пределах 18...24 °С, однако точные значения зависят от климатической зоны, времени года и специфики деятельности в помещении.

Системы вентиляции (СВ) отвечают за приток свежего воздуха и удаление отработанного, насыщенного углекислым газом, влагой и загрязняющими веществами. Различают естественную вентиляцию, происходящую через окна, форточки и естественные вентиляционные каналы, и механическую, использующую вентиляторы для принудительного воздухообмена. Неправильная вентиляция ведет к скоплению углекислого газа, что вызывает головные боли и сонливость. Также неправильно спроектированная вентиляция может нарушаться баланс влажности. В идеале относительная влажность воздуха составляет 40-60%. Слишком низкая влажность вызывает дискомфорт, сухость слизистых оболочек, а слишком высокая – способствует развитию плесени и аллергенов.

Системы кондиционирования воздуха (СКВ) предназначены для обеспечения комфортного микроклимата в жаркое время года путем снижения температуры и влажности воздуха, а также его фильтрации. Неисправные или неправильно настроенные СКВ могут привести к распространению пыли и аллергенов при отсутствии должной фильтрации. При этом скорость

движения воздуха желательны поддерживать на уровне 0,1...0,25 м/с, поскольку сильные сквозняки или застой воздуха одинаково неблагоприятны.

Существующие нормы проектирования систем отопления и вентиляции (ОВ) зачастую не соответствуют современным требованиям энергоэффективности и экологичности. Следовательно, для создания новых, современных, энергосберегающих и экологичных систем ОВ требуются принципиально новые подходы и требования к их проектированию.

В настоящее время основным типом систем вентиляции в жилых зданиях, являющихся наиболее массовым видом строительства, остается естественная вентиляция. Если раньше санитарная норма приточного наружного воздуха в старых конструкциях окон обеспечивалась поступлением через щели, то с повсеместным применением герметичных пластиковых окон возникла новая проблема: повышение концентрации углекислого газа, вредных веществ и влажности в помещениях.

Решением этой проблемы является переход к организованной приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла. Такой подход, позволяющий использовать тепло отработанного воздуха для нагрева свежего приточного, может сократить расход тепла на отопление до 60%, одновременно обеспечивая необходимый воздухообмен и комфортный климат.

На фоне этих изменений, системы кондиционирования, которые традиционно применялись преимущественно в общественных и промышленных зданиях, где поддержание стабильных параметров микроклимата критически важно, теперь все активнее интегрируются и в жилые дома.

Современные технологии позволяют максимально эффективно использовать инженерные системы для достижения трех ключевых целей: повышения комфорта, укрепления здоровья и снижения энергопотребления.

Интеллектуальное управление, реализованное в системах «умный дом», позволяет поддерживать заданные параметры микроклимата с высокой точностью, автоматически регулируя температуру, влажность и интенсивность вентиляции в зависимости от времени суток, присутствия людей, погодных условий и индивидуальных предпочтений. Это создает персонализированную среду, максимально соответствующую потребностям пользователя. В свою очередь высокоэффективная вентиляция с качественной фильтрацией воздуха от пыли, аллергенов и вредных веществ, а также поддержание оптимальной влажности, являются ключевыми факторами профилактики респираторных заболеваний и аллергий. Интегрированные в системы вентиляции ионизаторы воздуха могут способствовать улучшению микрофлоры помещения.

Снижение энергопотребления – один из самых актуальных аспектов. Интеллектуальные системы управления позволяют избежать перегрева или переохлаждения неиспользуемых помещений благодаря зональному контролю. Системы автоматизации, основанные на датчиках присутствия, освещенности и температуры, оптимизируют работу оборудования, включая его только по необходимости и предотвращая ненужные энергозатраты.

Таким образом взаимосвязь микроклимата помещений и инженерных систем, является важнейшим аспектом современной концепции здоровой и комфортной среды обитания. Достижение оптимального внутреннего климата – это не просто вопрос поддержания комфортной температуры, а комплексная задача, требующая глубокого понимания и интегрированного подхода.

Ключевыми элементами на пути к этой оптимизации выступают: адекватная теплоизоляция, снижающая нагрузку на системы отопления и кондиционирования; системы регулиро-

вания влажности; «умное» отопление и охлаждение, включающее термостаты и зональное регулирование; эффективная вентиляция, обеспечивающая приток свежего воздуха и поддержание оптимальной концентрации CO₂; и конечно же, автоматизация. Современные датчики температуры, влажности, CO₂ и присутствия, в совокупности с системами искусственного интеллекта позволяют собирать необходимые данные для автоматического управления системами, прогнозировать потребности жильцов и адаптироваться к ним, тем самым оптимизируя потребление ресурсов.

Такой интегрированный подход позволит не только значительно повысить качество жизни и здоровье людей, но и осуществить рациональное управление энергетическими ресурсами. Правильный баланс между комфортом, здоровьем и энергоэффективностью – это основа для построения по-настоящему современного, устойчивого и человекоориентированного здания. Реализация мероприятий по повышению энергоэффективности должна носить комплексный, организационно-технический характер, стимулируя разумное потребление и внедрение инновационных решений на всех этапах – от проектирования до эксплуатации.

Список используемой литературы

1. Табунщиков, Ю.А. Микроклимат и энергосбережение: пора понять приоритеты / Ю.А. Табунщиков // АВОК. – 2007. – № 5. – С. 4-9.
2. Пилипенко, В.М. Энергосбережение при строительстве и реконструкции жилья / В.М. Пилипенко // Бюллетень строительной техники. – 2008. – № 1. – С. 12-14.
3. Кокорин, О.И. Энергосберегающая единая система отопления, вентиляции и кондиционирования «Элита» / О.И. Кокорин // Инженерные системы. – 2008. – № 4. – С. 20-23.

УДК 621.785

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ТОРМОЗОВ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Д.А. Пискунов (студент)¹, Б.Н. Борисов (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт машиностроения и автомобильного транспорта, Кафедра АТБиУК, группа АТ-124

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Описаны состав, принцип действия и конструктивные особенности пневматической тормозной системы автомобиля, ее достоинства и недостатки.

Ключевые слова: пневматическая тормозная система, автомобиль, компрессор, ресивер, тормозной кран.

PNEUMATIC BRAKE SYSTEMS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

D.A. Piskunov (student)¹, B.N. Borisov (associate professor)²

¹ VISU, Institute of Mechanical Engineering and Automobile Transport, ATBiUK Chair, group AT-124

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: The composition, principle of operation and design features of the car pneumatic braking system, its advantages and disadvantages are described.

Keywords: pneumatic braking system, car, compressor, receiver, brake tap.

Введение. Современное автомобилестроение предъявляет высокие требования к безопасности движения. Одним из важнейших элементов безопасности транспортного средства является тормозная система. Она обеспечивает снижение скорости, полную остановку автомобиля и удержание его на месте во время стоянки. Особенно важную роль тормозные системы играют в грузовом транспорте, автобусах и специализированной технике, где масса транспортного средства может достигать десятков тонн.

В легковых автомобилях чаще всего используются гидравлические тормозные системы. Однако для грузовых автомобилей и автобусов более эффективным решением является применение пневматических тормозных систем. Они используют энергию сжатого воздуха для передачи усилия от педали тормоза к колесным тормозным механизмам. Благодаря этому можно создавать значительное тормозное усилие и обеспечивать надежную работу даже при высоких нагрузках.

Пневматические тормоза отличаются высокой надежностью, долговечностью и возможностью работы с прицепами и полуприцепами. Именно поэтому они широко применяются в современном автомобилестроении. Цель данного доклада – рассмотреть назначение, принцип работы, основные элементы и особенности применения пневматических тормозных систем.

Назначение и принцип работы пневматической тормозной системы. Основное назначение пневматической тормозной системы (рис. 1) заключается в обеспечении эффективного торможения транспортного средства. Система позволяет водителю регулировать скорость движения, останавливать автомобиль и удерживать его на месте. Кроме того, пневматическая система может использоваться для привода других механизмов автомобиля, например, пневматической подвески или вспомогательных устройств.

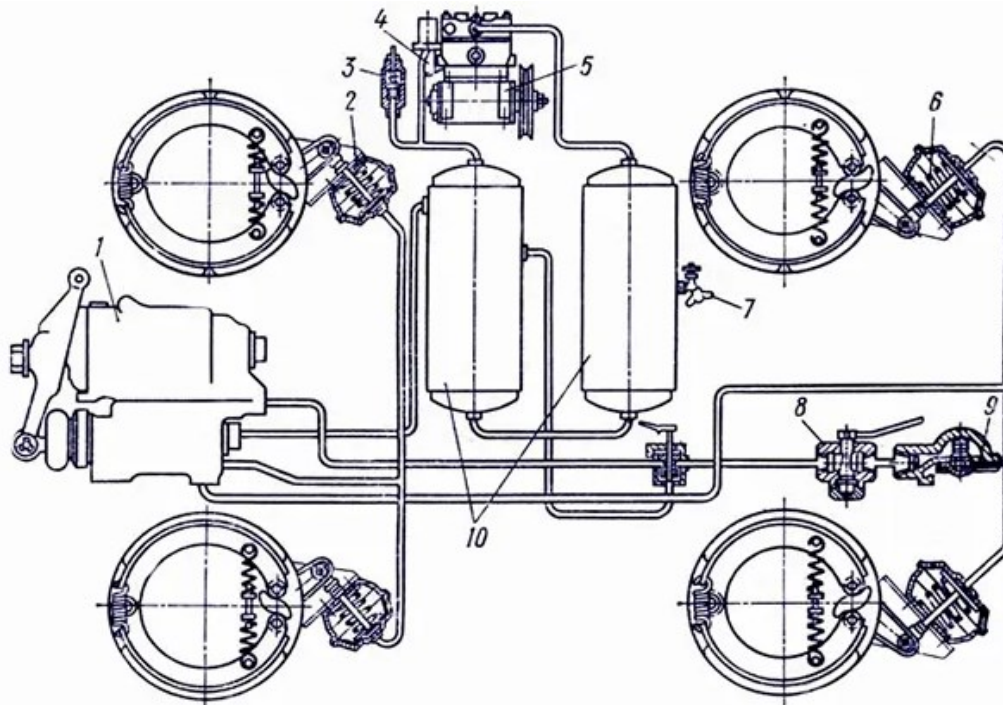


Рисунок 1 – Схема пневматической тормозной системы автомобиля.

Принцип работы системы основан на использовании энергии сжатого воздуха. В процессе работы двигатель автомобиля приводит в действие компрессор, который нагнетает атмосферный воздух и создает давление в системе. Сжатый воздух поступает в специальные резервуары – ресиверы, где накапливается до момента использования.

Когда водитель нажимает на педаль тормоза, открывается тормозной клапан. Через него воздух под давлением направляется по трубопроводам в тормозные камеры, расположенные у колес. Под действием давления мембрана внутри камеры перемещается и передает усилие на тормозной механизм. В результате тормозные колодки прижимаются к тормозному барабану или диску, что приводит к замедлению вращения колеса.

После отпускания педали тормоза давление воздуха уменьшается, и возвратные пружины возвращают тормозные элементы в исходное положение. Таким образом, процесс торможения полностью контролируется изменением давления воздуха в системе.

Основные элементы пневматической тормозной системы. Пневматическая тормозная система состоит из ряда взаимосвязанных элементов, каждый из которых выполняет определенную функцию. Основными компонентами системы являются компрессор (см. рис. 2), ресиверы, тормозной кран, трубопроводы и тормозные камеры.

Компрессор является основным источником сжатого воздуха. Он приводится в действие двигателем автомобиля и обеспечивает нагнетание воздуха в систему. Компрессор всасывает атмосферный воздух, сжимает его и подает в пневматическую магистраль.

Ресиверы (рис. 3) предназначены для накопления и хранения сжатого воздуха. Они обеспечивают наличие запаса воздуха, необходимого для работы тормозов. Наличие нескольких ресиверов повышает надежность системы и позволяет поддерживать стабильное давление.

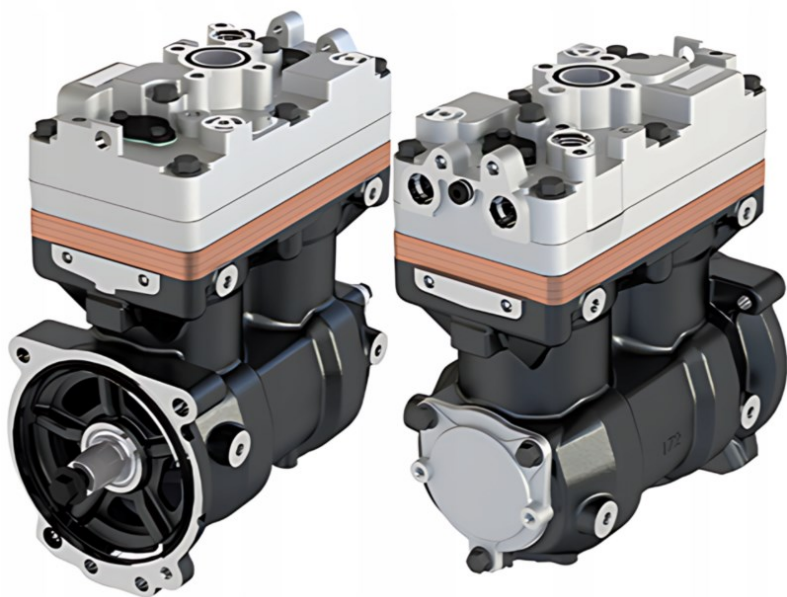


Рисунок 2 – Компрессор пневматической тормозной системы

Тормозной кран выполняет функцию управления системой. Он регулирует подачу воздуха в тормозные камеры в зависимости от усилия на педали тормоза. Чем сильнее водитель нажимает педаль, тем выше давление воздуха поступает в тормозные механизмы.

Тормозные камеры преобразуют давление воздуха в механическое движение. Внутри камеры расположена мембрана или поршень, который под действием давления перемещает шток. Этот шток приводит в действие тормозные механизмы колес.

Тормозные камеры преобразуют давление воздуха в механическое движение. Внутри камеры расположена мембрана или поршень, который под действием давления перемещает шток. Этот шток приводит в действие тормозные механизмы колес.

Тормозные камеры преобразуют давление воздуха в механическое движение. Внутри камеры расположена мембрана или поршень, который под действием давления перемещает шток. Этот шток приводит в действие тормозные механизмы колес.

Типы пневматических тормозных систем. В зависимости от конструкции и уровня надежности пневматические тормозные системы могут иметь различные схемы. Наиболее распространенными являются одноконтурные, двухконтурные и многоконтурные системы.

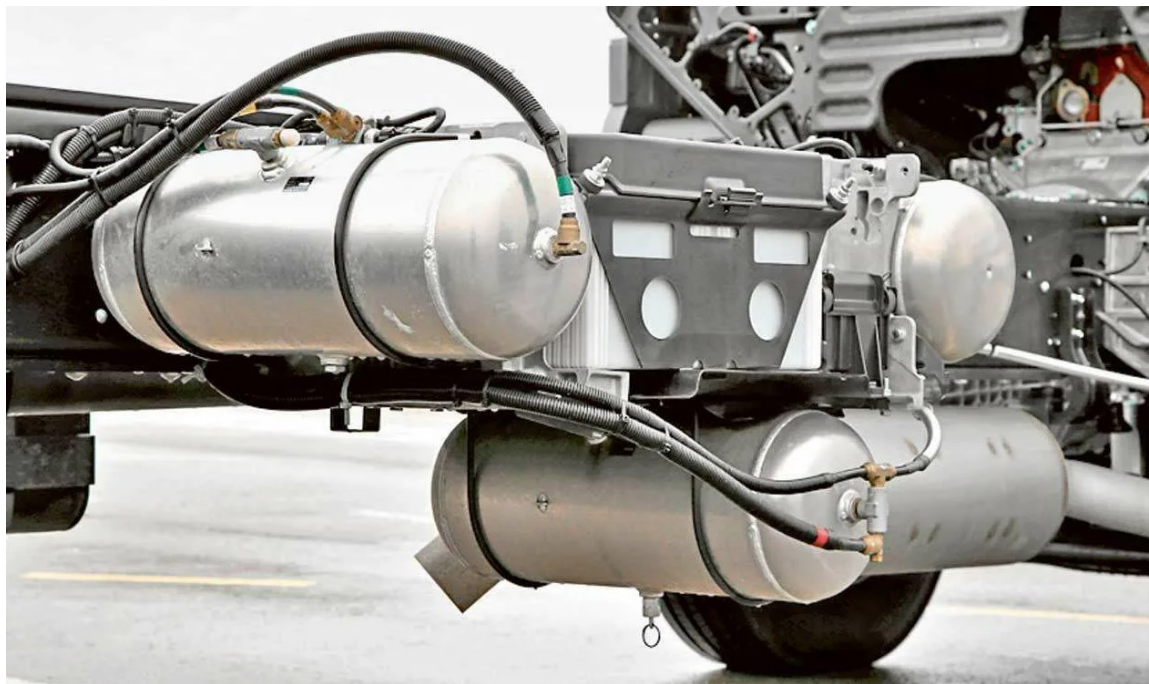


Рисунок 3 – Воздушные ресиверы тормозной системы

Одноконтурная система является самой простой по конструкции. В ней все элементы соединены в одну линию. Однако при повреждении трубопровода или утечке воздуха такая система может полностью потерять работоспособность.

Двухконтурная система является более надежной. В ней тормозная система разделена на два независимых контура. Обычно один контур обслуживает передние колеса, а второй – задние. Даже при отказе одного контура второй продолжает работать.

Многоконтурные системы применяются на современных грузовых автомобилях и тягачах с прицепами. В таких системах предусмотрены отдельные контуры для различных функций: рабочего тормоза, стояночного тормоза и тормозов прицепа.

Преимущества и недостатки пневматических тормозных систем. Пневматические тормозные системы имеют ряд существенных преимуществ. Во-первых, они способны создавать большое тормозное усилие, что особенно важно для тяжелых транспортных средств. Во-вторых, такие системы обладают высокой надежностью и долговечностью.

Еще одним преимуществом является возможность удобного подключения тормозных систем прицепов и полуприцепов. Это делает пневматические тормоза незаменимыми в грузовом транспорте.

К недостаткам можно отнести более сложную конструкцию по сравнению с гидравлическими системами. Также требуется регулярное обслуживание, включая удаление влаги из ресиверов и контроль давления воздуха.

Перспективы развития. Современные тенденции развития автомобилестроения направлены на повышение эффективности и безопасности тормозных систем. Одним из важных направлений является внедрение электронно-управляемых пневматических систем торможения.

Такие системы позволяют более точно регулировать тормозное усилие и быстрее реагировать на действия водителя. Они также интегрируются с современными системами активной безопасности, такими как антиблокировочная система тормозов и системы стабилизации.

Заключение. Пневматические тормозные системы играют ключевую роль в обеспечении безопасности грузовых автомобилей и автобусов. Использование энергии сжатого воздуха позволяет создавать значительные тормозные усилия и обеспечивать надежную работу системы даже при больших нагрузках.

Несмотря на более сложную конструкцию, такие системы остаются наиболее эффективным решением для тяжелого транспорта. Дальнейшее развитие технологий и внедрение электронных систем управления будут способствовать повышению надежности и эффективности пневматических тормозных систем.

УДК 621.436

ТОПЛИВОПОДАЮЩАЯ АППАРАТУРА В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

А.А. Гришин (студент)¹, Б.Н. Борисов (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт машиностроения и автомобильного транспорта, Кафедра АТБиУК, группа АТ-124

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Доклад посвящен рассмотрению конструктивных особенностей и принципов работы топливоподающей аппаратуры дизельных двигателей. В работе проводится анализ двух основных типов систем впрыска: классических (механических) и современных аккумуляторных. Особое внимание уделяется физическим процессам, протекающим при впрыске топлива, а также сравнительному анализу преимуществ и недостатков различных технологических решений.

Ключевые слова: топливоподающая аппаратура, дизельный двигатель, система впрыска, топливный насос высокого давления (ТНВД).

FUEL SUPPLY EQUIPMENT IN DIESEL ENGINES

A.A. Grishin (student)¹, B.N. Borisov (associate professor)²

¹ *VISU, Institute of Mechanical Engineering and Automobile Transport, ATBiUK Chair, group AT-124*

² *VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair*

Abstract: The report is devoted to the consideration of the design features and principles of operation of the fuel supply equipment of diesel engines. The paper analyzes two main types of injection systems: classical (mechanical) and modern battery systems. Special attention is paid to the physical processes occurring during fuel injection, as well as a comparative analysis of the advantages and disadvantages of various technological solutions.

Keywords: fuel supply equipment, diesel engine, injection system, high-pressure fuel pump.

Дизельный двигатель на протяжении более века остается основой мировой транспортной энергетики благодаря своему главному преимуществу – высокому коэффициенту полезного действия и, как следствие, топливной экономичности. Однако стремительное ужесточение экологических стандартов (Евро-6, Евро-7) и требований к снижению выбросов парниковых газов заставляет инженеров постоянно совершенствовать конструкцию двигателя. Ключевым звеном, определяющим эффективность, мощность и экологичность дизеля, является топливоподающая аппаратура [1-8].

Именно она отвечает за дозирование топлива, его впрыск в камеру сгорания в строго определенный момент и за качество распыливания. От точности работы этой системы зависит полнота сгорания рабочей смеси, а значит, и количество вредных выбросов. Целью данной научной работы является анализ эволюционного развития топливной аппаратуры от механических систем к электронно-управляемым аккумуляторным, а также оценка перспектив дальнейшего совершенствования этих технологий.

Назначение и общий принцип работы топливной системы дизеля. Назначение топливной системы дизельного двигателя заключается в подаче отмеренных порций топлива в камеры сгорания под высоким давлением в строго определенный момент времени. В отличие от бензиновых двигателей, где смесь образуется во впускном коллекторе, в дизеле топливо впрыскивается непосредственно в сжатый до высокой температуры воздух, где воспламеняется самопроизвольно.

Конструктивно систему можно разделить на две магистрали: низкого и высокого давления. Магистраль низкого давления предназначена для хранения топлива, его очистки и подачи к насосу высокого давления. Она включает топливный бак, фильтры грубой и тонкой очистки, и топливopодкачивающий насос. Магистраль высокого давления является «сердцем» системы. Она отвечает за непосредственный впрыск топлива в цилиндры.

Принцип работы традиционной механической системы показан на Рисунке. Топливopодкачивающий насос 12 засасывает топливо из бака 17 через фильтр грубой очистки 20 и подает его через фильтр тонкой очистки 3 к топливному насосу высокого давления (ТНВД) 10. ТНВД создает высокое давление и в нужный момент (в соответствии с порядком работы

цилиндров) подает топливо по трубопроводам высокого давления 9 к форсункам 5, которые распыляют его в камеру сгорания.

Излишки топлива, а также топливо, просочившееся через зазоры в форсунках (служащее для их смазки), отводятся обратно в бак по сливным магистралям. Это обеспечивает охлаждение и смазывание прецизионных пар аппаратуры.

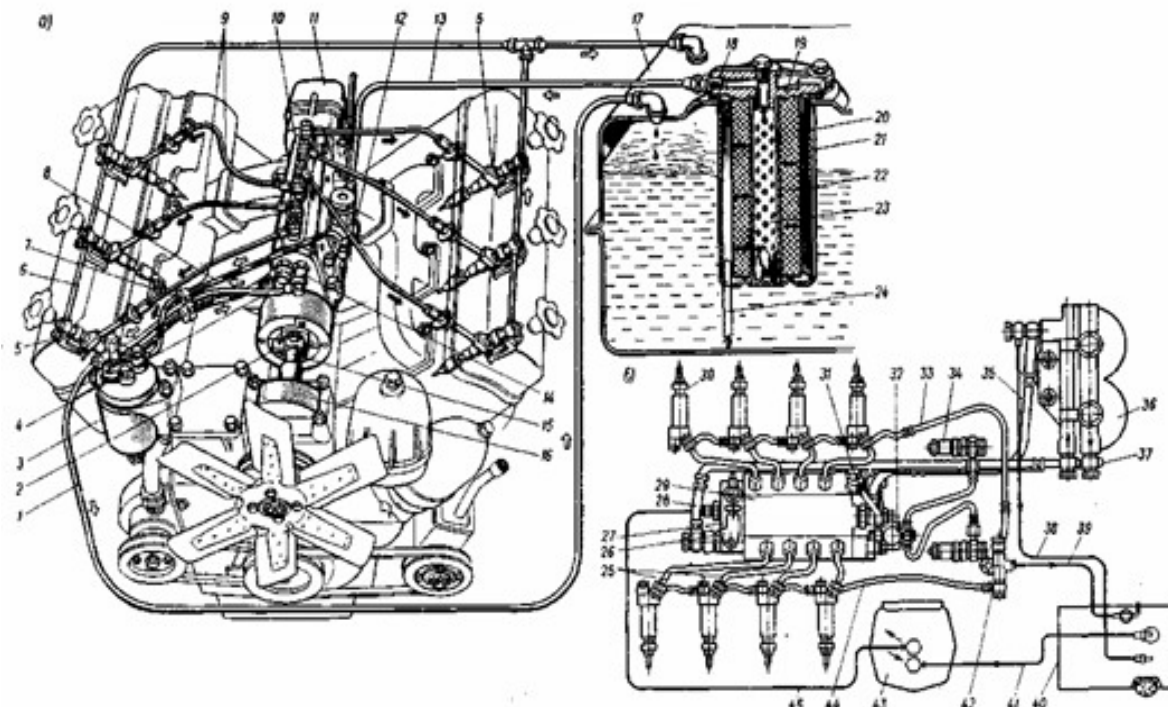


Рисунок 1 – Принципиальная схема топливной системы дизеля с разделенной топливной аппаратурой

Классификация и эволюция конструкций. Исторически сложилось два основных подхода к реализации впрыска топлива в дизелях.

Топливные системы разделенного типа. Долгое время стандартом являлись системы с рядными или распределительными ТНВД и механическими форсунками. В таких системах ТНВД выполнял две функции одновременно: создание давления и его распределение по цилиндрам. Процесс управления началом и концом подачи осуществлялся механическими регуляторами и спиральными кромками на плунжерах насоса. Главным недостатком таких систем была зависимость давления впрыска от частоты вращения коленчатого вала (чем выше обороты, тем выше давление), что ограничивало возможность гибкого управления процессом сгорания.

Системы «Насос-форсунка». Следующим эволюционным шагом стало появление систем с насос-форсунками (Unit Injector). В этой конструкции ТНВД и форсунка объединены в единый агрегат, который устанавливается непосредственно в головку блока цилиндров над каждым цилиндром. Привод плунжера осуществляется от распределительного вала двигателя через толкатель или коромысло.

Объединение насоса и форсунки позволило значительно сократить длину топливопроводов высокого давления и практически устранить негативный эффект сжимаемости топлива и колебаний давления в трубопроводе. Это дало возможность значительно повысить давление впрыска (до 2000 бар и выше), что улучшило распыл и сгорание топлива. Управление впрыском в современных насос-форсунках осуществляется быстродействующими электромагнитными или пьезоэлектрическими клапанами.

Аккумуляторные системы Common Rail. Настоящим прорывом стало внедрение систем с общей топливной рампой – Common Rail. Основная идея, реализованная в конце 1990-х годов, заключается в разделении функций создания давления и впрыска. ТНВД в этой системе не дозирует топливо, а лишь нагнетает его в общую аккумуляторную магистраль (рампу), где топливо находится под постоянно высоким давлением независимо от режима работы двигателя.

Современная система Common Rail включает в себя:

1. Контур низкого давления: насос подкачки, фильтры.
2. Контур высокого давления: ТНВД (плунжерный), рампа-аккумулятор с датчиком давления и регулятором, форсунки с электронным управлением.
3. Электронная система управления: электронный блок управления (ЭБУ), датчики (положения коленвала, давления наддува, давления в рампе и др.), исполнительные механизмы.

Принцип работы основан на том, что ЭБУ получает сигналы от датчиков и рассчитывает оптимальные параметры впрыска (момент начала, продолжительность, количество этапов) для каждого конкретного режима работы. Затем он подает электрический сигнал на форсунку, которая открывается, и топливо из рампы под давлением до 2500...3000 бар впрыскивается в цилиндр. Возможность осуществлять многостадийный впрыск (пилотный, основной, дополнительный) является главным преимуществом Common Rail. Пилотный впрыск малой дозы топлива перед основным позволяет снизить жесткость работы дизеля и его шум, а дополнительный впрыск используется для регенерации сажевого фильтра.

Научные аспекты и анализ эффективности. С научной точки зрения, работа топливной аппаратуры описывается сложными гидродинамическими процессами. Ключевые параметры, определяющие эффективность:

Давление впрыска. Чем выше давление, тем мельче распыл топлива (капли меньшего диаметра), лучше его перемешивание с воздухом и полное сгорание.

Закон подачи топлива. Возможность гибко изменять профиль подачи топлива во времени позволяет оптимизировать процесс сгорания под нагрузку.

Исследования патентной литературы СССР и России показывают, что инженеры давно стремились к решению проблем, реализованных в Common Rail. Например, патенты на устройства с мультипликаторами давления или с каталитическими покрытиями для улучшения сгорания демонстрируют эволюционный путь к современным решениям.

Проблемы эксплуатации и перспективы развития. Несмотря на очевидные преимущества, современная топливная аппаратура Common Rail имеет «ахиллесову пяту» – чрезвычайно высокую чувствительность к качеству топлива. Как отмечают эксперты, зазоры в прецизионных парах форсунок составляют микрометры, и любые абразивные частицы или вода быстро выводят систему из строя. В сообществах профессиональных дизелистов выделяют трех главных врагов Common Rail: некачественные топливные фильтры, откровенно суррогатное топливо и воздух в системе, вызывающий кавитационную эрозию.

Вторым важным фактором является сложность ремонта. Если в механической системе форсунку часто можно было отремонтировать, то современные пьезоэлектрические форсунки зачастую требуют замены в сборе и дорогостоящей компьютерной адаптации.

Перспективы развития топливной аппаратуры сегодня лежат в следующих направлениях:

1. Дальнейшее повышение давления впрыска до 3000...4000 бар для еще более тонкого распыла и соответствия перспективным нормам Евро-7.

2. Совершенствование пьезотехнологии, позволяющей управлять форсунками с беспрецедентной скоростью и точностью.

3. Интеллектуализация управления: использование алгоритмов машинного обучения для адаптации параметров впрыска под индивидуальные особенности двигателя и качество топлива в режиме реального времени.

4. Унификация с альтернативными видами топлива: адаптация систем для работы с синтетическим дизелем, диметилэфиром и водородом.

Заключение. Топливоподающая аппаратура прошла сложный путь от простых механических устройств до высокотехнологичных электронно-управляемых комплексов. Внедрение системы Common Rail стало революционным шагом, позволившим превратить шумный и «грязный» дизель в мощный, экономичный и экологичный двигатель, способный конкурировать с бензиновыми аналогами. Сегодня это стандарт для подавляющего большинства дизелей – от легковых автомобилей до морских судов.

Однако высокая технологичность предъявляет и новые требования: качество эксплуатации и обслуживания выходят на первый план. Дальнейшее развитие науки в этой области будет направлено на поиск баланса между мощностью, экологичностью и надежностью, а также на поиск новых физических принципов смесеобразования, способных еще больше повысить эффективность двигателя внутреннего сгорания.

Список используемой литературы

1. Конструкция, расчет и потребительские свойства автомобилей. Двигатели внутреннего сгорания (учеб. пособие) [Электронный ресурс] // ДонГТУ. ЦДО. – Режим доступа: https://de.donstu.ru/CDOCourses/Design/ServisITehEkspluataciaAvtotransporta/Кейс_Конструкция/posob/dvs/vved.html (Дата обращения 18.05.2026).
2. Что такое система Common Rail в дизельных двигателях? [Электронный ресурс] // iXBT Live. – Режим доступа: <https://www.ixbt.com/live/offtopic/chto-takoe-sistema-common-rail-v-dizelnyh-dvigatelyah.html> (Дата обращения 18.05.2026).
3. Насос-форсунка [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/nasos-forsunka-320693> (Дата обращения 18.05.2026).
4. Кислов, В.Г. Конструирование и производство топливной аппаратуры тракторных дизелей / В.Г. Кислов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1972. – 302 с.
5. А.с. 1737143 А1 СССР, МПК F02M51/00. Электроуправляемая насос-форсунка для дизельного двигателя / Ф.И. Пинский, В.К. Дутиков, А.В. Башкин. – № 4705992/06; заявл. 03.05.1989; опубл. 30.05.1992, Бюл. № 20. – 4 с.
6. А.с. 1606729 А1 СССР, МПК F02M61/10. Устройство для подачи топлива в цилиндр дизеля / Г.С. Кононов [и др.]. – № 4390273/25-06; заявл. 25.01.1988; опубл. 15.11.1990, Бюл. № 42. – 4 с.
7. А.с. 1747738 А1 СССР, МПК F02M59/00. Топливная система для дизельного двигателя / В.А. Горшков [и др.]. – № 4716275/06; заявл. 03.05.1989; опубл. 15.07.1992, Бюл. № 26. – 6 с.
8. Селиванов, А.И. Дизельная топливная аппаратура: устройство, техническое обслуживание, ремонт / А.И. Селиванов. – М.: Сельхозиздат, 1954. – 535 с.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ

Д.В. Фролов (студент)¹, Б.Н. Борисов (к.т.н., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт машиностроения и автомобильного транспорта, Кафедра АТБиУК, группа АТ-124

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Данный доклад посвящен описанию устройства и принципа работы предохранительных клапанов трубопроводной арматуры: клапаны прямого действия, сильфонные клапаны, пилотные клапаны (непрямого действия). Дан сравнительный анализ преимуществ и недостатков различных технологических решений.

Ключевые слова: трубопроводная арматура, предохранительный клапан (ПК), сильфонный клапан, пилотный клапан.

DEVICE AND PRINCIPLE OF OPERATION OF SAFETY VALVES

D.V. Frolov (student)¹, B.N. Borisov (associate professor)²

¹ VISU, Institute of Mechanical Engineering and Automobile Transport, ATBiUK Chair, group AT-124

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: This report is devoted to the description of the device and the principle of operation of safety valves of pipeline fittings: direct-acting valves, bellows valves, pilot valves (indirect action). A comparative analysis of the advantages and disadvantages of various technological solutions is given.

Keywords: pipeline fittings, safety valve (SV), bellows valve, pilot valve.

В современном мире трудно найти отрасль промышленности или сферу жизнеобеспечения, где не использовались бы сосуды, работающие под давлением. Паровые котлы, компрессорные установки, трубопроводы, бытовые водонагреватели – все эти системы являются источниками потенциальной опасности. Критически важным элементом, предотвращающим техногенные катастрофы и аварии, является предохранительный клапан (ПК) [1-5].

Предохранительный клапан – это трубопроводная арматура прямого действия, предназначенная для автоматического сброса избыточного количества рабочей среды (жидкости, газа, пара) из системы, когда давление превышает установленный предел. После того как давление приходит в норму, клапан герметично закрывается, останавливая сброс.

Принцип работы. Работа любого предохранительного клапана основана на гидромеханическом равновесии. Запорный орган (золотник) находится под постоянным воздействием двух противоположно направленных сил:

1. Управляющая сила ($F_{упр}$). Сила, стремящаяся закрыть клапан. Создается пружиной, грузом на рычаге или электромагнитом.

2. Сила давления среды ($F_{ср}$). Сила, стремящаяся открыть клапан. Воздействует на площадь золотника снизу.

В штатном режиме $F_{упр} > F_{ср}$. При повышении давления в защищаемом сосуде до величины давления начала открытия ($P_{н.о}$), силы уравниваются. При дальнейшем, даже незначительном, росте давления (до так называемого давления полного открытия $P_{п.о}$) сила $F_{ср}$ преодолевает $F_{упр}$, и клапан открывается. Сброс среды продолжается до тех пор, пока давление в системе не упадет до давления закрытия ($P_з$), при котором $F_{упр}$ снова сможет плотно посадить золотник в седло.

Пружинные клапаны являются наиболее распространенными благодаря компактности, простоте настройки и возможности работы в любом пространственном положении (кроме положения вниз крышкой).

Основные элементы конструкции:

1. *Корпус*. Изготавливается методом литья (чугун, сталь, латунь) или штамповки. Имеет, как правило, угловую форму (вход и выход расположены под углом 90°), что обеспечивает наименьшее гидравлическое сопротивление. Внутри корпуса расположена камера для подвода среды и седло.

2. *Седло*. Неподвижная часть запорного органа. Представляет собой сменное или выполненное заодно с корпусом кольцо с уплотнительной поверхностью (часто наплавленной твердым сплавом, например, стеллитом, для износостойкости). В седле находится калиброванное отверстие – проходное сечение клапана.

3. *Золотник* (тарелка). Подвижная часть запорного органа. Герметично прилегает к седлу. Для обеспечения самоустановки и лучшего уплотнения золотник часто делают качающимся (сферическая или коническая поверхность).

4. *Штандель* (шток). Жесткий стержень, передающий усилие от пружины к золотнику. Для обеспечения соосности и предотвращения перекосов шток может проходить через направляющую втулку.

5. *Направляющая втулка*. Деталь, обеспечивающая строго вертикальное перемещение золотника. Часто объединена с седлом или выполнена отдельно. В ней могут быть прорези для прохода среды к верхней части золотника (для создания эффекта «дополнительной площади»).

6. *Пружина*. Силовой элемент. Характеризуется жесткостью и усилием затяжки. Для разных диапазонов давлений используются разные пружины (с разным диаметром прутка). Изготавливаются из специальных пружинных сталей.

7. *Регулировочный стакан* (или винт). Элемент в верхней крышке (колпаке), вращая который, сжимают или ослабляют пружину, тем самым задавая давление настройки клапана. Положение фиксируется контргайкой.

8. *Крышка* (колпак). Защищает регулировочный узел от внешней среды и несанкционированного доступа (может пломбироваться).

9. *Рычаг ручного подрыва*. Механическое устройство для принудительного открытия клапана. Служит для периодической продувки (проверки) клапана, чтобы предотвратить «прикипание» золотника к седлу в процессе длительного простоя.

10. *Регулировочное кольцо*. Находится в нижней части седла или на золотнике. Вращая кольцо, изменяют площадь прохода для среды, воздействующей на золотник, что позволяет влиять на динамику срабатывания (характер открытия и закрытия).

Сильфонные клапаны. В случаях, когда рабочая среда агрессивна, токсична или взрывоопасна, применяются клапаны с сильфонным уплотнением. Сильфон (гармошка из тонкой нержавеющей стали) герметично отделяет шток и пружину от рабочей среды. Это предотвращает:

- коррозию пружины;
- утечки опасных веществ в атмосферу через сальниковые уплотнения (которые в такой конструкции отсутствуют);
- замерзание или закоксовывание среды на штоке.

Помимо деления по типу нагрузки (пружинные, рычажно-грузовые, магнитно-пружинные), клапаны классифицируются по ряду других важных признаков:

1) По высоте подъема запорного органа (пропускной способности):

Малоподъемные ($h < 1/20 d$). Ход золотника очень мал. Площадь прохода увеличивается незначительно. Обладают низкой пропускной способностью. Используются для жидкостей, так как для жидкостей не требуется большой ход – падение давления после сброса не большой порции происходит быстро. Открываются пропорционально давлению.

Среднеподъемные ($h \approx 1/4 d$). Промежуточный тип.

Полноподъемные ($h \geq 1/4 d$). Золотник поднимается высоко, полностью открывая седло. Для газов и пара такой ход жизненно необходим, чтобы пропустить большой объем среды и быстро сбросить давление. Такие клапаны открываются скачкообразно (двухпозиционное действие) благодаря специальной конструкции отбойного козырька (дефлектора) на золотнике. Этот козырек разворачивает поток, создавая реактивную силу, которая «выбрасывает» золотник вверх до упора.

2) По взаимодействию с рабочей средой:

Закрытого типа. Сбрасывают среду в специальный отводящий трубопровод (факельную линию, дренаж). Используются для токсичных, пожароопасных или ценных сред.

Открытого типа. Сбрасывают среду непосредственно в атмосферу. Применяются для воды, чистого пара, воздуха.

3) По конструктивному признаку:

Пропорционального действия (малоподъемные). Высота подъема изменяется плавно, пропорционально росту давления. Характерны для жидкостей.

Двухпозиционного действия (полноподъемные). Клапан имеет два фиксированных состояния: закрыт и полностью открыт. Переход между ними происходит практически мгновенно. Характерен для газов и пара.

Пилотные клапаны (клапаны непрямого действия). В системах с очень высоким давлением (свыше 100...150 ат) или большими диаметрами (DN 200 и выше) использовать мощную пружину становится нерационально и сложно. В таких случаях применяют пилотные клапаны (см. рис.).

Пилотный клапан состоит из двух основных узлов:

1. *Главный клапан*. Имеет поршневой или мембранный привод. Обычно закрыт под действием давления самой среды, поступающей в надпоршневую полость.

2. *Пилотный клапан*. Это небольшой, точный пружинный клапан, который управляет главным клапаном.

Принцип работы. Рабочая среда поступает в надпоршневую полость главного клапана через канал в пилотном клапане. Пока давление ниже критического, пилотный клапан закрыт, и давление в надпоршневой полости прижимает поршень главного клапана к седлу – система герметична.

Как только давление достигает уставки пилотного клапана, он открывается и стравливает среду из надпоршневой полости главного клапана. Давление под поршнем главного клапана резко сбрасывает его вверх, и происходит основной сброс среды.

Преимущества:

- практически идеальная герметичность затвора (до момента срабатывания пилота);
- возможность работы при сверхвысоких давлениях;
- можно управлять сбросом дистанционно.

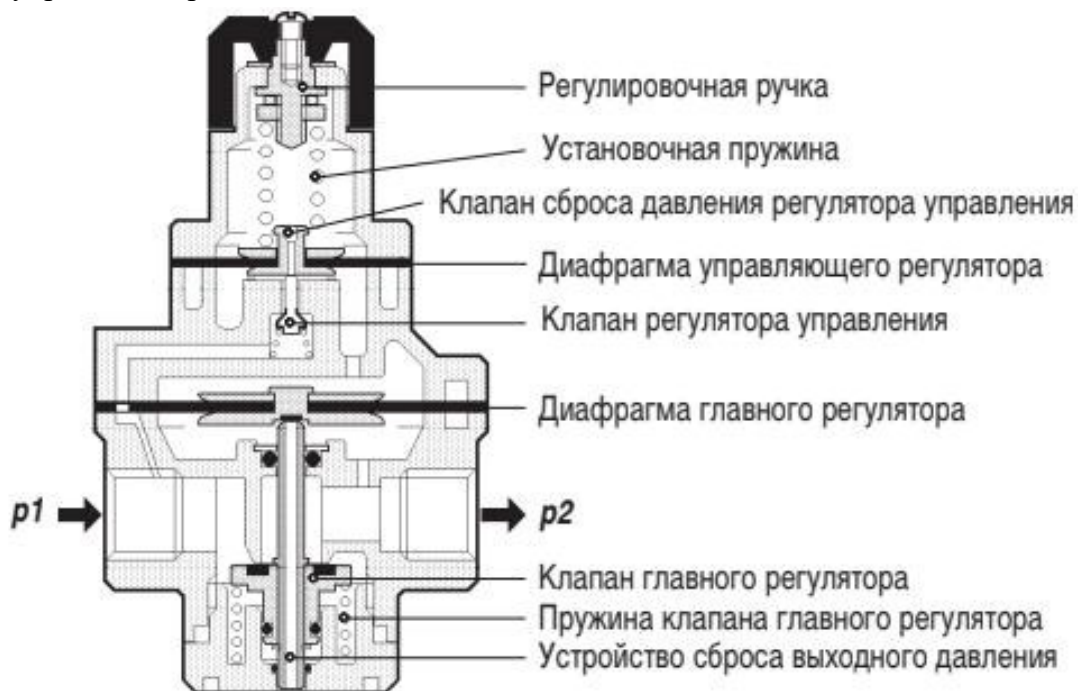


Рисунок – Регулятор давления с пилотным управлением

Материалы и их применение. Выбор материала диктуется условиями эксплуатации: давлением, температурой и химическими свойствами среды (см. табл.).

Таблица – Материалы и их применение в предохранительных клапанах

Материал	Применение	Предельные параметры (примерно)
Латунь (CW617N и др.)	Сантехника, отопление, сжатый воздух. Вода, пар.	До 225 °С, до 25 бар.
Чугун (GJL-250, GGG-40)	Системы водоснабжения, отопления, неагрессивные газы. Дешевизна. Чувствителен к ударам.	До 300 °С, до 16 бар.
Углеродистая сталь (GP240GH, WCB)	Паровые котлы, магистральные трубопроводы, нефть, газ.	До 450 °С, до 400 бар и выше.
Нержавеющая сталь (CF8M, 316SS)	Агрессивные среды (кислоты, щелочи), пищевая, фармацевтика, криогеника.	От -196 °С до +600 °С (зависит от марки).
Спецсплавы (Монель, Хастеллой)	Экстремально агрессивные среды, морская вода, соляная кислота.	Индивидуально.

Терминология и параметры настройки. Для грамотного выбора и эксплуатации важно понимать следующие термины (по ГОСТ 12.2.085-2017):

Рабочее давление (Pp). Максимальное избыточное давление, возникающее при нормальном протекании рабочего процесса.

Давление настройки (Pн). Наименьшее избыточное давление на входе в клапан, при котором он начинает открываться (появляются первые пропуски среды, слышно шипение).
Синонимы: давление начала открытия.

Давление полного открытия (Pп.о). Давление, при котором клапан сбрасывает расчетное количество среды. Для пружинных клапанов $P_{п.о} = 1,05 * P_n$ (5% избыточное давление).

Давление закрытия (Pз). Давление, при котором клапан садится в седло и прекращается сброс. Оно всегда ниже Pн. Обычно $P_z \geq 0,8 * P_p$. Чем плотнее должен садиться клапан, тем сложнее обеспечить его стабильную работу.

Пропускная способность (Kvs). Расход среды (в м³/ч или т/ч), который клапан способен пропустить при полностью открытом положении. Это ключевая характеристика при подборе клапана под конкретную установку.

Заключение. Предохранительный клапан – это не просто сантехническая деталь, а сложный и точно рассчитанный элемент безопасности. Его надежность обеспечивается не только качеством изготовления, но и правильным подбором по давлению, температуре, среде и пропускной способности. Понимание устройства – от геометрии седла до динамики срабатывания – позволяет инженерам и техническим специалистам грамотно эксплуатировать оборудование и предотвращать аварийные ситуации.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 12.2.085-2017. Арматура трубопроводная. Клапаны предохранительные. Выбор и расчет пропускной способности [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200158777> (Дата обращения: 18.05.2026).
2. ГОСТ 31294-2005*. Клапаны предохранительные прямого действия. Общие технические условия [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200063943> (Дата обращения: 18.05.2026).
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573275722> (Дата обращения: 18.05.2026).
4. Гуревич, Д.Ф. Трубопроводная арматура: справ. пособие / Д.Ф. Гуревич. – Л.: Машиностроение, 1981. – 370 с.
5. Гуревич, Д.Ф. Справочник конструктора трубопроводной арматуры / Д.Ф. Гуревич, О.Н. Шпаков. – Л.: Машиностроение, 1987. – 518 с.

УДК 620.9:662.7

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВНЫХ РЕСУРСОВ

А.Н. Гриднева (студент)¹, Н.В. Журавлева (ст. преп., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа ЗСмгд-124

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: Вопрос обеспечения энергией сегодня уже нельзя рассматривать в отрыве от экологических и экономических факторов. Постепенно становится очевидным, что традиционные подходы требуют пересмотра, особенно на фоне роста отходов и увеличения стоимости ресурсов. В этой связи все большее внимание уделяется альтернативным видам топлива, среди которых заметное место занимает биотопливо как один из наиболее доступных и гибких вариантов.

Ключевые слова: Альтернативные виды топлива, биотопливо, пеллеты, переработка отходов, энергоэффективность, устойчивое развитие.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF ALTERNATIVE FUEL RESOURCES

A.N. Gridneva (student)¹, N.V. Zhuravleva (senior lecturer)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group ZSmgd-124

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: Today, the issue of energy supply cannot be considered in isolation from environmental and economic factors. It is gradually becoming clear that traditional approaches require revision, especially in the context of increasing waste and resource costs. As a result, there is a growing focus on alternative fuels, with biofuels being one of the most accessible and flexible options.

Keywords: alternative fuels, biofuels, pellets, waste recycling, energy efficiency, sustainable development.

Еще относительно недавно основное внимание в энергетике уделялось, в первую очередь, объемам добычи и потребления ископаемого топлива. Сейчас ситуация постепенно меняется. Это связано не только с ограниченностью ресурсов, но и с тем, что экологические последствия их использования становятся все более ощутимыми. В результате интерес к альтернативным источникам энергии перестал быть исключительно теоретическим – он все чаще выходит на уровень практического применения [1–3].

В этом контексте биотопливо выглядит достаточно логичным направлением развития. По сути, речь идет о переработке органического сырья, которое в обычных условиях могло бы просто накапливаться в виде отходов. С одной стороны, это позволяет получать дополнительный источник энергии, а с другой – частично решать проблему утилизации. Такой двойной эффект делает подобные технологии особенно востребованными.

Если рассматривать конкретные примеры, то можно отметить, что спектр биотоплива достаточно широк: от жидких видов, таких как биоэтанол, до газообразных и твердых форм. При этом именно твердое биотопливо в последние годы вызывает наибольший практический интерес, что связано с относительной простотой его производства и применения.

Отдельно стоит остановиться на пеллетах, которые фактически стали одним из наиболее распространенных вариантов такого топлива. Они представляют собой спрессованные гранулы, как правило, из древесных отходов. Интересно, что сами по себе эти отходы долгое время не рассматривались как ценный ресурс, однако с развитием технологий ситуация заметно изменилась.

С точки зрения эксплуатационных свойств пеллеты обладают рядом особенностей, которые выгодно отличают их от обычной древесины. В первую очередь это более высокая плотность и, как следствие, большая теплоотдача. Кроме того, за счет низкой влажности процесс горения проходит стабильнее, что упрощает эксплуатацию отопительного оборудования. Хотя, конечно, многое зависит и от качества самих гранул – это тоже нельзя не учитывать.

Экологический аспект здесь также играет не последнюю роль. При использовании пеллет, как правило, наблюдается более предсказуемый уровень выбросов, а в ряде случаев он оказывается ниже по сравнению с традиционными видами топлива. В условиях ужесточения норм это становится важным аргументом, особенно для объектов, где требования к экологичности достаточно высокие.

Производственный процесс при этом нельзя назвать полностью простым, несмотря на его кажущуюся очевидность. Сырье сначала измельчается, затем проходит стадию сушки, после чего формируется в гранулы под давлением. На каждом из этапов возможны отклонения, которые в итоге сказываются на качестве конечного продукта. Поэтому говорить о «простом производстве» можно лишь условно – на практике все несколько сложнее.

Интересно отметить, что в зарубежной практике отходы уже давно рассматриваются как полноценный ресурс. В России такой подход пока только формируется, хотя предпосылки для его развития есть. В частности, наличие значительных лесных массивов создает базу для производства биотоплива в достаточно крупных объемах.

С экономической точки зрения ситуация также выглядит неоднозначной, но в целом перспективной. С одной стороны, требуется первоначальное вложение в оборудование и организацию производства. С другой – при росте цен на традиционные энергоресурсы и увеличении спроса на экологичные решения такие проекты могут оказаться вполне рентабельными.

Дополняя рассмотренные аспекты, имеет смысл обратить внимание на вопросы практического внедрения альтернативных видов топлива в уже существующую инфраструктуру. Несмотря на явные преимущества, переход на новые виды энергоресурсов не всегда происходит быстро. На мой взгляд, это связано с тем, что основная часть отопительного оборудования теплогенераторных и котельных изначально проектировалась под традиционные виды топлива, и его модернизация требует технических изменений и финансовых затрат. Здесь речь идет не только о замене отдельных частей оборудования, но и о комплексной реконструкции всей системы теплоснабжения.

До недавнего времени основной причиной отказа от альтернативного вида топлива считалась необходимость технической реконструкции или замены существующего оборудования, но сегодня ситуация меняется. Разрабатываются такие технологические решения, которые позволяют адаптировать действующее котельное оборудование под использование биотоплива без значительных конструктивных вмешательств. В результате это снижает затраты на

реконструкцию и делает переход более реалистичным, особенно для небольших объектов, где любые капитальные вложения должны обосновываться выгодой в перспективе.

Еще одним важным вопросом является организация поставки и хранения такого вида топлива. В отличие от привычных энергоносителей, система снабжения, обеспечения биотопливом требует другого подхода. Здесь нужно учитывать не только транспортировку, но и условия хранения. Например, для тех же пеллет важным является защита от влаги, так как ее попадание влияет на эксплуатационные свойства данного топлива. На первый взгляд это может восприниматься как дополнительное ограничение, даже проблему, однако на практике, при правильно выстроенной логистике, подобные требования становятся вполне решаемыми и не создают дополнительных проблем.

Один из решающих вопросов при переходе на альтернативный вид топлива связан с территориальными особенностями. Эффективность применения биотоплива определяется тем, насколько близко к потребителю расположены источники сырья. Очевидно, что в тех районах, где развиты лесопереработка или аграрный сектор, подобные решения внедрить гораздо легче, поскольку сырьевая база находится в непосредственной доступности. Быстрее окупятся вложения в реконструкцию, так как будут минимизированы транспортные расходы, что повысит экономическую отдачу. В противном случае значительная часть выгоды может быть снижена дополнительными расходами на доставку.

Еще одним важным фактором является неоднородность самого биотоплива, которая зависит от исходного материала и условий производства. Характеристики, такие как влажность, зольность, теплотворная способность, варьируются достаточно широко (в отличие от традиционных энергоносителей), что требует более внимательного контроля этих параметров. Без этого трудно обеспечить стабильную работу оборудования, иногда это может привести к снижению эффективности всей системы теплоснабжения.

В перспективе рост объемов применения альтернативных видов топлива будет менять всю структуру энергоснабжения и энергопотребления. Очевидно, что снижение зависимости от традиционных источников энергии сделает энергетическую систему в целом более устойчивой к внешним изменениям. Несомненно, что в последнее время наблюдаем ощутимые изменения цен на энергоносители, так же возможны ограничения поставок. В таких условиях развитие и расширение области применения биотоплива можно рассматривать не только как вынужденное решение данных проблем, но и как перспективу применения в более долгосрочной стратегии. Применение такого топлива как резервного дает возможность бесперебойного теплоснабжения при возникновении проблем с основным видом топлива – это очень актуально в настоящее время.

Таким образом, можно отметить, что эффективность альтернативных видов топлива определяется не только их физическими и химическими характеристиками, но и совокупностью организационных, экономических и технологических факторов. Только при комплексном подходе возможно в полной мере реализовать их потенциал и обеспечить стабильный результат при практическом использовании.

Подводя итог, можно сказать, что альтернативные виды топлива постепенно переходят из категории «перспективных» в категорию реально используемых. Биотопливо в этом смысле занимает промежуточное положение между традиционной энергетикой и новыми технологиями.

Пеллеты, как один из наиболее доступных вариантов, демонстрируют, что даже относительно простые решения могут быть эффективными при правильной организации процесса.

При этом их дальнейшее распространение во многом будет зависеть от экономических условий, уровня технологического развития и государственной поддержки.

В целом можно предположить, что роль подобных видов топлива будет постепенно увеличиваться, особенно в условиях, когда вопросы ресурсосбережения и экологии становятся всё более значимыми.

Список используемой литературы

1. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261-ФЗ от 23.11.2009 [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902186281> (Дата обращения 18.05.2026).
2. Федеральный закон «О теплоснабжении» № 190-ФЗ от 27.07.2010 [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902227764> (Дата обращения 18.05.2026).
3. Панцхава, Е.С. История развития отечественной промышленной биоэнергетики: монография / Е.С. Панцхава. – М.: РУСАЙНС, 2021. – 208 с.

УДК 620.91

ПОТЕНЦИАЛ ДРЕВЕСИНЫ КАК ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ

О.И. Цветкова (студент)¹, В.В. Филиппов (ст. преп., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа С-322

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: В условиях глобального энергетического перехода и необходимости снижения углеродного следа возрастает интерес к возобновляемым источникам энергии. Древесина, являясь традиционным топливом, приобретает новое значение благодаря современным технологиям переработки. В данной статье рассматривается энергетический потенциал древесного сырья, анализируются современные технологии его использования (пеллетирование, газификация, пиролиз), оцениваются экологические и экономические аспекты применения, выявляются основные барьеры и перспективы развития данного направления в контексте устойчивой энергетики.

Ключевые слова: древесина, биоэнергетика, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), пеллеты, газификация, теплотворная способность, углеродная нейтральность, энергоэффективность.

POTENTIAL OF WOOD AS AN ENERGY SOURCE

O.I. Tsvetkova (student)¹, V.V. Filippov (senior lecturer)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group S-322

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: In the context of the global energy transition and the need to reduce the carbon footprint, there is an increasing interest in renewable energy sources. Wood, as a traditional fuel, is gaining new significance due to modern processing technologies. This article explores the energy potential of

wood raw materials, analyzes modern technologies for their use (pelletization, gasification, and pyrolysis), evaluates the environmental and economic aspects of their application, and identifies the main barriers and prospects for the development of this field in the context of sustainable energy.

Keywords: wood, bioenergy, renewable energy sources (RES), pellets, gasification, calorific value, carbon neutrality, energy efficiency.

Мировая энергетика сегодня переживает фундаментальную трансформацию. Ископаемое топливо, обеспечившее промышленную революцию, постепенно уступает место возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). Среди всего многообразия ВИЭ древесина занимает особое место. С одной стороны, это древнейший энергоноситель, известный человечеству тысячелетиями. С другой стороны, именно древесина сегодня демонстрирует наиболее стремительное технологическое обновление, превращаясь из простых дров в высокотехнологичное биотопливо. Цель данной работы – систематизировать знания о современном потенциале древесины как энергоносителя и оценить перспективы ее использования в условиях энергетического перехода [1–5].

Рассмотрим основные проблемы традиционного подхода к использованию древесного топлива, которые сдерживали его развитие до недавнего времени:

- *Низкая энергетическая плотность и логистические ограничения.* Сырая древесина имеет высокую влажность (до 50...60%) и малый вес единицы объема. Это делает транспортировку дров на дальние расстояния экономически невыгодной, ограничивая радиус использования местными источниками.
- *Неполнота сгорания и экологический ущерб.* При сжигании сырой древесины в примитивных печах выделяется большое количество твердых частиц (сажи), угарного газа и летучих органических соединений. Это создает репутацию «грязного» топлива, особенно в городах.
- *Отсутствие стандартизации.* Дрова как топливо сложно стандартизировать. Разные породы дерева, разная влажность и разная плотность не позволяют точно рассчитать необходимый объем топлива и настроить автоматику котельных.
- *Конкуренция с переработкой.* Долгое время считалось, что сжигать древесину – значит уничтожать ценный ресурс, который можно было бы использовать для производства мебели или стройматериалов.

Однако современные технологические решения позволяют полностью преодолеть перечисленные ограничения и раскрыть истинный потенциал древесины. Рассмотрим ключевые направления модернизации.

Глубокая переработка и стандартизация топлива. Современные технологии позволяют превратить низкокачественную древесину и отходы в стандартизированное топливо с прогнозируемыми характеристиками. Наиболее яркий пример – производство пеллет (топливных гранул). Путем сушки, измельчения и прессования под высоким давлением получают гранулы диаметром 6–8 мм с влажностью менее 10% и высокой насыпной плотностью. Это топливо уже пригодно для автоматизированной подачи и сжигания, а его энергетическая ценность сопоставима с углем.

Термохимическая конверсия (газификация и пиролиз). Вместо прямого сжигания современные установки позволяют переводить древесину в газообразное или жидкое состояние. Газификация превращает щепу в синтез-газ (смесь CO и H₂), который можно сжигать в газовых

поршневых двигателях для выработки электроэнергии. Пиролиз (нагрев без доступа кислорода) позволяет получить древесный уголь, жидкое биотопливо (бионефть) и горючий газ. Это открывает путь к созданию мини-ТЭЦ на местном сырье.

Композитные материалы для энергооборудования. Использование жаропрочных сплавов и керамических покрытий в камерах сгорания и газоходах современных котлов позволяет повысить температуру горения и КПД установок до 90...95%. Это делает использование древесины не менее эффективным, чем использование природного газа.

Цифровизация и автоматизация топливоподачи. Современные котельные на пеллетах или щепе полностью автоматизированы. Датчики температуры, давления и состава дымовых газов в реальном времени регулируют подачу топлива и воздуха, обеспечивая оптимальный режим горения. Это исключает человеческий фактор и сводит к минимуму выбросы вредных веществ.

Важную роль в повышении эффективности древесной энергетики играют новые подходы к логистике и подготовке сырья. Использование мобильных рубильных машин позволяет перерабатывать порубочные остатки (ветки, сучья) непосредственно на лесосеке в щепу, что снижает затраты на вывозку. Применение активных систем вентилирования и навесов для хранения щепы позволяет снизить ее влажность естественным путем, повышая теплотворную способность без затрат энергии на сушку. Также перспективным является использование энергетических лесов – быстрорастущих пород (ива, тополь, ольха), специально выращиваемых на малопригодных для сельского хозяйства землях с коротким циклом ротации (3...7 лет).

Для повышения экологической эффективности древесной энергетики применяют многоступенчатые системы очистки дымовых газов (циклоны, электрофильтры, мультициклоны), которые улавливают до 99% твердых частиц. Также важно соблюдать принцип углеродной нейтральности: объем выбросов CO₂ при сжигании должен компенсироваться объемами лесовосстановления. В отличие от сжигания ископаемого топлива (нефти, газа), которое высвобождает углерод, законсервированный миллионы лет назад, древесина работает в рамках короткого углеродного цикла. Говоря об обслуживании техники для биоэнергетики, необходимо учитывать специфику древесного топлива:

- регулярная чистка теплообменников и поверхностей нагрева от отложений золы и смол (особенно при сжигании сырой щепы);
- контроль за работой систем автоматики и датчиков, так как от их точности зависит эффективность сжигания;
- обеспечение бесперебойной подачи топлива (шнеки, транспортеры) требует контроля за влажностью и фракционным составом щепы/пеллет во избежание завалов.

Если говорить о перспективах развития, то древесная энергетика – это ключ к децентрализации энергоснабжения и повышению энергетической безопасности регионов, богатых лесными ресурсами. Инновационные разработки в области биоэнергетики открывают новые возможности для утилизации отходов лесопромышленного комплекса, создания замкнутых циклов производства и снижения зависимости от импортных энергоносителей. Интеграция биоэнергетических установок с солнечными и ветровыми электростанциями позволяет создавать гибридные энергосистемы, обеспечивающие стабильную выработку тепла и электроэнергии круглый год.

Список используемой литературы

1. Голубкович, А.В. Биоэнергетика: древесная биомасса как топливо / А.В. Голубкович, И.Р. Шегельман // Лесотехнический журнал. – 2021. – № 4. – С. 112-121.

2. Лаптев, А.Г. Термическая переработка древесины: пиролиз и газификация / А.Г. Лаптев. – Казань: КГЭУ, 2019. – 248 с.
3. Рунова, Е.М. Энергетическое использование древесной биомассы / Е.М. Рунова, В.А. Савченкова. – Братск: БрГУ, 2020. – 180 с.
4. Колесников, П.А. Современные технологии производства и сжигания древесных пеллет / П.А. Колесников // Промышленная энергетика. 2022. – № 3. – С. 45-51.
5. FAO. Древесная биоэнергетика: глобальный обзор и перспективы развития [Электронный ресурс] // Ежегодный обзор рынка лесных товаров ЕЭК ООН/ФАО за 2023 год. – Режим доступа: <https://unece.org/sites/default/files/2024-07/2318825R.pdf> (Дата обращения 18.05.2026).

УДК 621.311

ЭНЕРГИЯ МОРЕЙ, ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Е.С. Ерёмкина (студент)¹, В.В. Филиппов (ст. преп., кафедра ТГВиГ)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа С-322

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

Аннотация: В статье проведен обзор основных направлений морской энергетики, показаны особенности, технологические возможности и размеры перспективного ресурса как на территории Российской Федерации, так и в мировом масштабе.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии (ВИЭ), потенциал, энергия волн, приливы и отливы, морские течения, градиент солености, температура.

SEA ENERGY AND ITS APPLICATION

E.S. Eremina (student)¹, V.V. Filippov (senior lecturer)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group S-322

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

Abstract: The article provides an overview of the main areas of marine energy. It is shown the features, technological capabilities, and potential resources both in the Russian Federation and globally.

Keywords: renewable energy sources (RES), potential, wave energy, tides, marine currents, salinity gradient, temperature.

Энергия Мирового океана – один из самых многообещающих и колоссальных по своему потенциалу возобновляемых источников, который человечество только начинает осваивать. Эта энергия заключена в нескольких формах, каждая из которых имеет свои механизмы преобразования и применения.

Наиболее очевидным и давно используемым проявлением силы моря являются *приливы и отливы*. Источником является гравитационное воздействие Солнца и Луны на водные массы Земли. Чередование приливов и отливов происходит ежедневно через 6 ч 12 мин. Приливнообразующая сила Луны в любой точке Земли представляет собой результирующую двух сил: гравитационного притяжения спутника и центробежной силы инерции, возникающей вследствие вращения системы «Земля–Луна» вокруг единого центра тяжести.

Приливные электростанции (ПЭС) работают по принципу обычных гидроэлектростанций, располагаемые в узких заливах или устьях рек возводят плотины. Во время прилива вода наполняет бассейн, а во время отлива проходит через турбины в обратном направлении, генерируя электроэнергию.

Энергия волн. За счет передачи энергии ветра водной поверхности, формируются волны и концентрируют в себе значительную механическую энергию. Главной особенностью является высокая плотность потока мощности, то есть ее значение на единицу длины волнового фронта. Например, у берегов Японии данный показатель составляет до 40 кВт/ч волнового фронта.

Для ее преобразования существует множество технологий. Одни устройства используют колебания уровня воды в камерах, заставляя воздух вращать турбину (колеблющиеся водяные столбы). Другие представляют собой подвижные «змеи» или поплавки, чьи гидравлические системы преобразуют механические движения в электричество (буи-поглотители). Основная сложность здесь заключается в необходимости выдерживать колоссальные нагрузки штормов и коррозионное воздействие соленой воды.

Имеются и другие виды технологических решений:

- перекрывающие устройства – системы из шарнирно соединенных секций, изгибающихся под действием волн;
- поверхностные амортизаторы – стационарные платформы у берега с подвижными элементами.

Энергия морских течений. В отличие от ветра или солнца, мощные океанические течения (Гольфстрим, Флоридское, Куроисио) отличаются постоянной скоростью и практически не подвержены суточным погодным колебаниям. Плотность в потоке воды намного больше, чем в потоке воздуха.

Подводные турбины, похожие на ветрогенераторы, но более прочные и массивные, погружаются на дно в зонах сильных течений. В отличие от ветра или волн, течение – это стабильный и предсказуемый поток, что делает такие станции чрезвычайно надежными источниками энергии. Однако их установка, обслуживание и передача энергии на берег требуют сложных инженерных решений.

Применение морской энергии не ограничивается только выработкой электричества для общей сети. Она находит применение *в опреснении воды*, что критически важно для засушливых прибрежных зон, в питании автономных буев, навигационного оборудования и даже в создании экологических ферм по выращиванию водорослей или рыбы, где, например, поднимаемая с глубин холодная, богатая питательными веществами вода используется для обогащения среды.

При смешивании пресной речной воды с соленой морской возникает осмотическое давление, способное вращать турбины. Это молодая область исследований, но потенциал большой, так как подобные зоны есть во всех устьях крупных рек.

Технологические решения:

- осмотические мембраны – пресная вода просачивается через мембрану в морской отсек, создавая давление для вращения турбины;
- обратный электродиализ – использование ионных мембран для генерации тока.

Использование разности температур различных слоев морской воды занимает особое место. Преобразование тепловой энергии основано на разнице температур между теплой по-

верхности воды, нагретой солнцем, и холодными глубинными слоями. Эта разница используется для работы теплового двигателя: теплая вода испаряет жидкость с низкой температурой кипения, пар вращает турбину, а затем конденсируется холодной водой, забираемой глубины. Такие станции могут работать круглосуточно, особенно эффективны в тропических регионах, но их строительство и прокладка многокилометровых трубопроводов пока экономически сложны.

Сегодня перспективы применения энергии морей становятся всё более конкретными как в мире, так и в России. Глобальные исследования показывают, что использование всего 2% потенциала приливной и морской солнечной энергии способно значительно сократить выбросы углекислого газа, при этом плотность энергии в мощных океанских течениях у берегов Африки достигает 2500 Вт/м², что делает их исключительно эффективными.

В России развитие идет по нескольким направлениям: в Северодвинске запущена уникальная приливная турбина, не имеющая мировых аналогов, обнаружены устойчивые течения в Азовском море, пригодные для беспилотных гидроэлектростанций, а также создается энергопромышленная система для получения водорода прямо в океане с помощью волновых электростанций. Всё это открывает путь к энергонезависимости для прибрежных территорий и освоению Арктики, а мировой рынок таких технологий может вырасти.

Список используемой литературы

1. Вершинский, Н.В. Энергия океана / Н.В. Вершинский. – М.: Наука, 1986. – 152 с.
2. Голдин, А. Океаны энергии / А. Голдин. – М.: Знание, 1983. – 144 с.
3. Денк, С.О. Возобновляемые источники энергии. На берегу энергетического океана / С.О. Денк. – Пермь: Изд-во Пермского гос. техн. ун-та, 2008. – 285 с.
4. Шишкин, И.Л. Нетрадиционные источники энергии мирового океана: учеб. пособие [в 3 ч.]. Ч. 2: Океаническая волновая энергетика; Ч. 3: Океаническая тепловая энергетика / И.Л. Шишкин. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. – 84 с.
5. Дегтярёв, К.С. К вопросу об экономике возобновляющихся источников энергии / К.С. Дегтярёв [и др.] // Энергия. Экономика. Техника. Экология. – 2016. – № 10. – С. 10–21.

УДК 007.51

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ГРАФИКО-РАСЧЕТНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ МОДЕЛЯМИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Е.А. Духанина (студент)¹, В.А. Осипов (к.т.н., генеральный директор)²

¹ ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ, группа ЗСмгд-124

² ООО «Бин-НИТ»

Аннотация: В статье представлена новая модель автоматизированного программного комплекса для управления базами электронных моделей систем теплоснабжения (СТ) с использованием методов оптимизации. Реализация системного подхода к управлению СТ, обеспечивающая взаимоувязку всех задач на современной методической основе, а также эффективное решение трудно формализуемых задач оптимального синтеза систем с учетом требований надежности возможны только с использованием автоматизированных систем управления.

Ключевые слова: цифровая экономика, система теплоснабжения (СТ), электронная модель, математическое моделирование, оптимизация, автоматизированный комплекс.

AUTOMATED GRAPHICAL AND COMPUTATIONAL FACILITY ON CONTROL BY ELECTRONIC MODELS OF HEAT SUPPLY SYSTEMS

E.A. Dukhanina (student)¹, V.A. Osipov (PhD, general manager)²

¹ VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair, group ZSmgd-124

² LLC «Bin-NIT»

Abstract: The article presents a new model of an automated software facility on control by electronic models of heat supply systems using optimization methods. The implementation of a system approach to control, that ensures the interconnection of all tasks on a modern methodological basis, as well as the effective solution of difficult-to-formalize problems of optimal synthesis of systems, taking into account the requirements of reliability, is possible only with the use of automated control systems.

Keywords: digital economy, heat supply system (HSS), electronic model, mathematical modeling, optimization, automated complex.

Значительное увеличение объема данных, источниками и средствами распространения которых являются промышленные и социальные объекты, различные электронные устройства, приводит к формированию новых технологий. Повсеместное применение таких технологий способствует развитию нового этапа экономики - цифровой экономики и образованию ее экосистемы.

Главным способом обеспечения эффективности цифровой экономики становится внедрение технологии обработки данных, что позволит уменьшить затраты при производстве товаров и оказании услуг.

Современные системы теплоснабжения – это сложные системы, состоящие из материальных объектов (источников теплоты разных типов с тепловыми нагрузками, достигающими тысячи мегаватт, разнородных потребителей и протяженных тепловых сетей с диаметрами до 1400 мм) и информационных объектов (электронных моделей систем теплоснабжения).

Современный рынок программного обеспечения для электронного моделирования СТ достаточно разветвлен, что свидетельствует о его востребованности на практике. Здесь можно выделить российские разработки: ИВК «АНГАРА-ТС» (Россия, Иркутск, ИСЭМ СО РАН) [1], ZuluThermo (Россия, Санкт-Петербург, ООО «Политерм») [2], ИГС «City Com-ТеплоГраф» (Россия, Москва, ООО ИВЦ «Поток») [3], «Теплоэксперт» (Россия, г. Иваново, ООО НПП «Теплотэкс») [4] и др.

Все представленные программные комплексы (ПК) дают возможность выполнять теплогидравлические расчеты стационарных режимов СТ и имеют набор аналитических функций для интерпретации результатов расчетов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к электронным моделям [5]. Тем не менее, большинство из представленных коммерческих ПК, как правило, закрыты по функциям и данным (не приспособлены для внедрения новых задач, требующих дополнительной информации). Научных публикаций, раскрывающих архитектуру ПК и заложенные в них методы математического моделирования, практически нет.

Уполномоченные органы власти должны осуществлять разработку, утверждение и ежегодную актуализацию схем теплоснабжения, содержащих меры, решения и оценки по вопросам организации теплоснабжения населенных пунктов [5, 6]. При принятии решений используются данные, полученные в ходе электронного моделирования, но при этом их анализ носит субъективный характер, опирающийся на статические методы, а не на методы математического моделирования. Безусловно, это упрощает рабочий процесс, но часто приводит к ошибкам, которые выявляются на стадии ввода в эксплуатацию объектов и их исправление приводит к кратному увеличению стоимости проектов в целом.

Проблема принятий правильных решений при разработке развивающихся систем теплоснабжения заключается в самой постановке задач, которая в полной мере не учитывает их характеристики:

- сложные по структуре;
- обработка данных большой размерности;
- целочисленные и нелинейные данные;
- динамические параметры;
- многовариантные решения.

При наличии вариантов развития систем теплофикации и централизованного теплоснабжения выбор оптимального из них производится по минимуму приведенных затрат. Целевая функция определяется по формуле:

$$Z = \min(Z_i); i = \overline{1, J},$$

где Z_i – приведенные затраты для i -го варианта развития системы теплоснабжения; J – число рассматриваемых вариантов.

При статической постановке задач, когда сооружение системы теплоснабжения осуществляются в течение одного года приведенные затраты определяются по формуле:

$$Z = E_n K + S,$$

где K, S – соответственно суммарные капиталовложения и эксплуатационные расходы, руб.; E_n – нормативный коэффициент эффективности, принятый для энергетики 0,15.

При динамической постановке задачи, когда рассматривается развитие системы теплоснабжения в течении заданного периода и учитываются изменения по годам этого периода уровней тепло и электропотребления и разновременность капиталовложений, приведенные затраты определяются по формуле:

$$Z = E_n \sum_{t=1}^T (\Delta K^t + S^t) (1 + E_{n,n})^{T-t} + S_{n,э},$$

где K^t, S^t – соответственно капиталовложения и эксплуатационные расходы для t -го года, руб.; $S_{n,э}$ – эксплуатационные расходы в год нормальной эксплуатации, руб.; $E_{n,n}$ – коэффициент приведения.

Вероятность безотказной работы системы, состоящей из последовательно соединенных элементов равна произведению вероятности безотказной работы:

$$P_c = \prod_{i=1}^{i=n} P_i = e^{-\lambda_1 l_1 \tau} \cdot e^{-\lambda_2 l_2 \tau} \dots e^{-\lambda_n l_n \tau},$$

где λ_i - частота (интенсивность) отказов каждого участка тепловой сети, 1/(км·год); l_i – протяженность каждого участка тепловой сети, км; τ – время эксплуатации, год; λ_c – частота (интенсивность) всего последовательного соединения, 1/год:

$$\lambda_c = \lambda_1 L_1 + \lambda_2 L_2 + \dots + \lambda_n L_n.$$

Минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать для [7]:

- источника теплоты $R_{ит} = 0,97$;
- тепловых сетей $R_{тс} = 0,9$;
- потребителя теплоты $R_{пт} = 0,99$;
- СТ в целом $R_{ст} = 0,86$.

Таким образом, реализация системного подхода к управлению СТ, обеспечивающая взаимосвязку всех задач на современной методической основе, а также эффективное решение трудно формализуемых задач оптимального синтеза с учетом требований надежности, возможны только в рамках человеко-машинных систем автоматизированного управления.

Программное обеспечение (как и концепции его разработки и наполнения) для моделирования и управления интеллектуальными тепловыми сетями пока находится в стадии формирования.

Для преодоления этой проблемы очевидным путем, является усиление материальных, экономических и технологических связей, что делает чрезвычайно актуальным применение системного подхода к управлению сложными системами, поскольку решения, принимаемые по каждому из звеньев в отдельности, не являются оптимальными в целом.

Проблемы автоматизации управления СТ связана с многообразием решаемых задач, большими объемами обрабатываемых данных и их разрозненностью. Из-за неопределенности исходной информации, многообразия условий развития систем и возможных технических решений приходится анализировать большое число вариантов развития систем теплоснабжения.

Предметом нашей работы является разработка автоматизированного графико-расчетного комплекса (АГРК) для создания имитационной модели с использованием разработанных электронных моделей СТ, который позволит «разыгрывать» различные сценарии развития систем (см. рис.), отличающиеся динамикой изменения и абсолютными значениями нагрузок, принципами построения системы, типом и числом источников, топологической структурой связывающей их с потребителями сетей, технико-экономическими показателями, полнотой учета влияющих факторов.

Такие системы включают библиотеку прикладных программ с базой данных (БД), систему управления данными (СУБД) и систему управления диалогом (СУД) [8, 9]. БД обеспечивает централизованное управление данными различного административного уровня (района, города, области и т.д.) и в условиях многообъектного управления позволяет сократить и даже полностью ликвидировать избыточность и противоречивость данных. БД является единым информационным обеспечением для множества программных разработок, существующих и вновь создаваемых в разных организациях, решая таким образом вопрос «сопряжения» различных подсистем в единую систему управления. Централизованное управление БД обеспечивает соблюдение стандартов и других технических условий, упрощает поддержку и обмен данными между отраслевыми организациями (проектными, производственными, эксплуатирующими). При этом проще обеспечить условия безопасности, секретности и целостности хранимых данных. Важным преимуществом организации БД является независимость данных от прикладных программ, что позволяет оставлять без изменения уже имеющиеся программные разработки при изменениях в структуре хранения и методах доступа к данным в БД.

Известно, что в основе БД лежит модель данных – совокупность правил, определяющих способ представления свойств и связей моделируемых объектов и набор операций над

этим представлением. В настоящее время находят применение реляционные модели, представляющие собой совокупность измеряемых во времени нормализованных отношений различных степеней (т.е. таблиц, которые привычны, просты для понимания и для работы с ними).

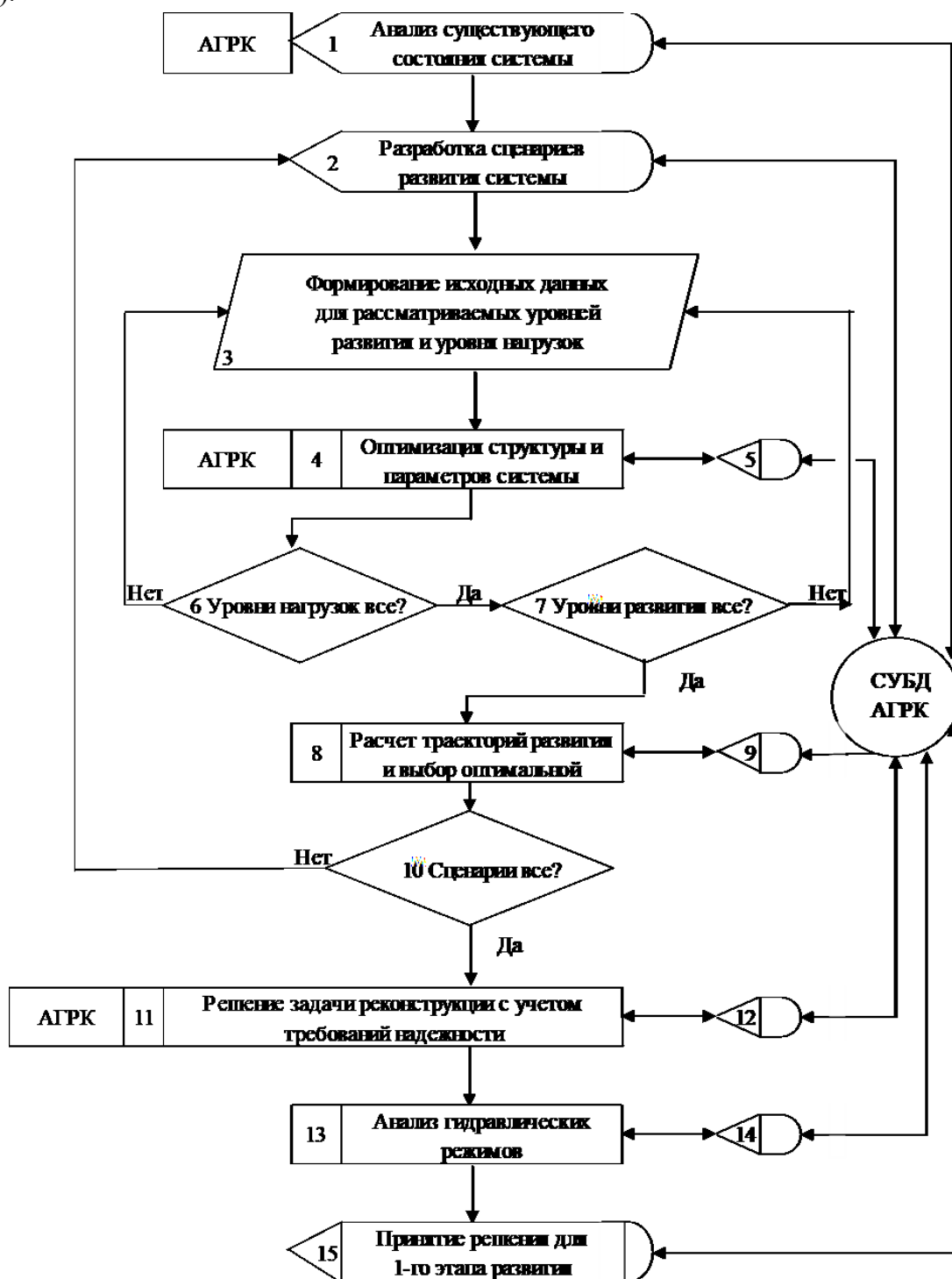


Рисунок – Блок схема имитационной модели для исследования развивающихся систем теплоснабжения

Система управления диалогом обеспечивает интерактивное взаимодействие пользователя с ЭВМ и предоставляет ему возможность корректировать расчеты.

СУД позволяет выбирать необходимое подмножество функциональных программ и обеспечивает требуемую последовательность их работы. Использование для этого диалогового режима ускоряет процесс на один-два порядка (по сравнению с полной формализацией).

Большого эффекта можно добиться, закладывая в СУД элементы адаптации, сервиса и контроля, позволяющие обучать пользователей, менять режим диалога в зависимости от уровня их подготовки и выполнять ряд других функций, оптимизирующих работу человеко-машинной системы.

В разрабатываемой БД содержатся:

- а) нормативно-справочная информация, включающая типоразмеры и технические характеристики элементов оборудования и трубопроводов;
- б) таблицы капиталовложений в строительство объектов и сетей для различных диаметров труб, разных конструкций трубопроводов и условий прокладки;
- в) технические, экономические и надежность характеристики, в том числе замыкающие затраты на электроэнергию и топливо в зависимости от числа часов использования установленной мощности для разных районов страны;
- г) операционные данные по различным СТ, включающие информацию о схемах сетей, диаметрах, гидравлических сопротивлениях и длинах участков, нагрузках потребителей, местах установки и параметрах насосных станций, источников тепла и другого оборудования;
- д) промежуточные и конечные результаты многовариантных расчетов, помещенных в рабочую область БД;
- е) библиотеку прикладных программ.

Выделение рабочей области в БД позволяет средствами диалога запоминать, вызывать в оперативную память и анализировать промежуточные и конечные результаты расчетов, корректировать информационные потоки, выбирать окончательное решение и вносить в состав операционных данных.

Заключение: цифровизация российских систем теплоснабжения – актуальное и безальтернативное направление их инновационного преобразования. В статье предпринята попытка определить проблемы, которые должны быть решены разрабатываемым автоматизированным графико-расчетным комплексом. Показано, что основу таких разработок могут быть положены теоретические и прикладные результаты, полученные на основе фундаментальных исследований российских ученых.

Список используемой литературы

1. Автоматизация управления системами тепло- и водоснабжения [Электронный ресурс] // ИСЭМ СО РАН. – Режим доступа: <https://isem.irk.ru/solutions/angara/> (Дата обращения: 18.05.2026).
2. ZuluThermo — моделирование гидравлических режимов в тепловых сетях [Электронный ресурс] // Политерм. – Режим доступа: <https://www.politerm.com/products/thermo/zuluthermo/> (Дата обращения: 18.05.2026).
3. Эксплуатация и модернизация тепловых сетей [Электронный ресурс] // CityCom. – Режим доступа: <https://www.citycom.ru/solutions/heating/> (Дата обращения: 18.05.2026).
4. Геоинформационный расчетный комплекс «ТеплоЭксперт» [Электронный ресурс] // НПП «ТЕПЛОТЭКС». – Режим доступа: <https://www.teploexpert.ru/produkty/girk-teploekspert> (Дата обращения: 18.05.2026).
5. Постановление Правительства РФ от 22.02.2012 № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения» [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902332189> (Дата обращения: 18.05.2026).

6. Федеральный закон от 27.07.2010 № 190-ФЗ «О теплоснабжении» [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902227764> (Дата обращения: 18.05.2026).
7. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и научно-технической информации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095545> (Дата обращения: 18.05.2026).
8. Сеннова, Е.В. Математическое моделирование и оптимизация развивающихся теплоснабжающих систем / Е.В. Сеннова, В.Г. Сидлер. – Новосибирск: Наука, 1987. – 219 с.
9. Хрилев, Л.С. Оптимизация систем теплофикации и централизованного теплоснабжения / Л.С. Хрилев, И.А. Смирнов. – М.: Энергия, 1978. – 264 с.

УДК 621.791

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

А.С. Локтев (аспирант)¹, *Н.А. Марков* (ассистент, кафедра ТГВиГ)²,
А.В. Завитков (ассистент, кафедра МИЭМ)³, *А.Б. Люхтер* (к.т.н., кафедра МиЭМ)³

¹ ВлГУ, Институт машиностроения и автомобильного транспорта, кафедра ТМС

² ВлГУ, Институт архитектуры, строительства и энергетики, Кафедра ТГВиГ

³ ВлГУ, Институт машиностроения и автомобильного транспорта, кафедра МиЭМ

Аннотация: Представлен опыт внедрения лазерных технологий в производственные процессы нефтегазовой и смежных отраслей. Приведены результаты применения лазерных технологий на ответственных деталях и изделиях, соответствующих требованиям нормативной и отраслевой документации.

Ключевые слова: лазерная сварка, лазерная порошковая наплавка, лазерное термоупрочнение, нефтегазовая отрасль, восстановление валов, уплотнительные поверхности, износостойкие покрытия.

EXPERIENCE IN LASER TECHNOLOGY IMPLEMENTING FOR PRODUCTION PROCESSES IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

A.S. Loktev (post-graduate)¹, *N.A. Markov* (assistant)²,
A.V. Zavitkov (assistant)³, *A.B. LYUKHTER* (PhD)³

¹ VISU, Institute of Mechanical Engineering and Automobile Transport, TMS Chair

² VISU, Institute of Architecture, Construction, and Energy, TGVIG Chair

³ VISU, Institute of Mechanical Engineering and Automobile Transport, MIEM Chair

Abstract: The article presents the experience of implementing laser technologies in the production processes of the oil and gas industry and related sectors. The results of using laser technologies on critical parts and products that meet the requirements of regulatory and industry-specific documentation are presented.

Keywords: laser welding, laser powder metallurgy, laser heat treatment, oil and gas industry, shaft restoration, sealing surfaces, wear-resistant coatings.

К ответственным деталям оборудования, эксплуатируемого в предельных условиях механических и химических воздействий, предъявляются высокие требования по надежности и долговечности. В таких условиях происходит интенсивный износ рабочих поверхностей. Лазерные технологии характеризуются высокой концентрацией энергии, минимальным тепловложением и возможностью полной автоматизации. По сравнению с традиционными методами, лазерные технологии позволяют повысить эффективность и производительность как при изготовлении новых металлических изделий, так и при восстановлении изношенных деталей, одновременно обеспечивая требуемый уровень качества и надежности. Данное положение подтверждается работами [1–11].

Внедрение технологии лазерной обработки представляет трехуровневую методику. Для каждого типа изделия выполняются экспериментальные исследования на лабораторных и контрольных образцах, на основании которых происходит выбор рациональных диапазонов обработки. После этого проводятся испытания конструктивно-подобных образцов для подтверждения заявленных технических требований и характеристики конкретных деталей, эксплуатируемых в оборудовании.

В настоящей работе приведены результаты применения лазерной сварки, наплавки и термоупрочнения, доведенные до стадии промышленного производства. Технологии разработаны и исследованы на базе Научно-образовательного центра внедрения лазерных технологий (НОЦ ВЛТ) Владимирского государственного университета (ВлГУ) для нефтегазовой и смежных отраслей промышленности.

Работы проводились на лазерных роботизированных комплексах сварки (ЛРК-С) и наплавки (ЛРК-Н) [7, 12]. В состав комплексов входят волоконные лазеры мощностью до 5 кВт, промышленные роботы *FANUC* и ЧПУ. Контроль качества включал: металлографические исследования, рентгеноструктурный анализ, измерение твердости, испытания на межкристаллитную коррозию, а также капиллярный, визуальный и измерительный контроль сварных соединений. Все методы контроля соответствуют актуальным требованиям нормативной документации (НД). Проектирование и численные исследования, включая обработку результатов, выполнялись с применением *CAD/CAM/CAE* моделирования (конечно-элементный анализ температурных полей и напряжений).

Лазерная сварка элементов буровой установки

Для цементирования обсадных колонн в нефтегазовых скважинах применяются центраторы и стопорные кольца из стали 30ХГСА диаметром 151 мм (рис. 1). При использовании традиционной дуговой сварки возникают непровары и подрезы из-за ограниченного доступа к корню шва; кроме того, повышенное тепловложение вызывает деформацию тонкостенных элементов, в том числе при вальцевании кромки не прижимаются ровно друг к другу встык.



Рисунок 1 – Изделия «Центратор» (а) и «Кольцо стопорное» (б)

Переход на лазерную сварку с холодной подачей проволоки и сфокусированным лучом обеспечил односторонний доступ и возможность формирования соединения без разделки кромок. В результате было обеспечено качество сварных швов с уровнем качества не ниже «С» по ГОСТ ISO 13919-1-2017. Общий объем выпуска, составивший около 100 тыс. изделий, подтверждает стабильность и воспроизводимость технологии. По результатам выполненных работ заказчик внедрил данную технологию у себя на предприятии.

Восстановление вала ротора центробежного компрессора. Вал ротора длиной 2350 мм, диаметром 125 мм и массой 545 кг, изготовленный из теплоустойчивой стали, в процессе эксплуатации подвергается износу посадочных шеек под подшипники и рабочие колеса (рис. 2).

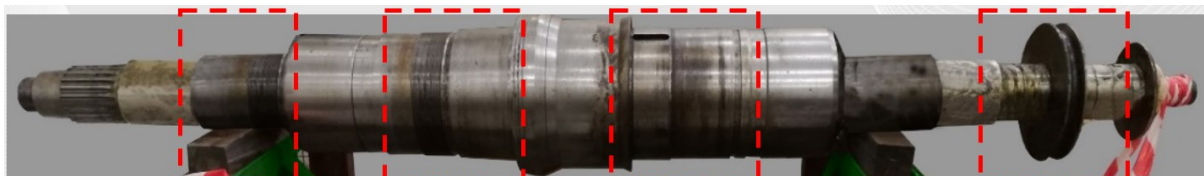


Рисунок 2 – Процесс наплавки на изношенную шейку

Ежегодно в стране около 300-500 валов заменяются в связи с отсутствием аттестованной технологии восстановления. Традиционная электродуговая наплавка вызывает коробление детали и не обеспечивает требуемой твердости восстановленного слоя.

Разработана технология лазерной порошковой наплавки с подачей порошка ПР-08Х17Н8С6Г непосредственно в зону нагрева. Режимы обработки подобраны так, чтобы минимизировать зону перемешивания и остаточные термические напряжения.

Благодаря этому коробление отсутствует, геометрия шеек полностью восстановлена, твердость достигла нормативных значений. Вал возвращен в эксплуатацию без дорогостоящей замены. Оптимальные режимы предварительно обоснованы в работе [7].

Лазерное термоупрочнение нежестких валов. Нежесткими называются валы, у которых отношение длины к диаметру превышает 15, что обуславливает их значительную гибкость и радиальное биение при термообработке. В данной работе рассмотрены валы из сталей 40Х и 14Х17Н2 длиной от 2100 до 3140 мм и диаметром 90–160 мм.

При традиционной индукционной закалке (токамаи высокой частоты) радиальное биение составляет 2 мм. При таком биении уменьшается упрочненный слой, что вынуждает закладывать избыточный припуск 1...2 мм на сторону для последующей шлифовки, увеличивая тем самым затраты на механическую обработку.

Исследован метод лазерного термоупрочнения и подобраны его технологические режимы. В отличие от индукционного нагрева, лазерный луч воздействует на поверхность в небольшой области и нагревает только поверхностный слой на заданную глубину 0,6...1,0 мм (технология отработана на имитаторах – рис. 3).

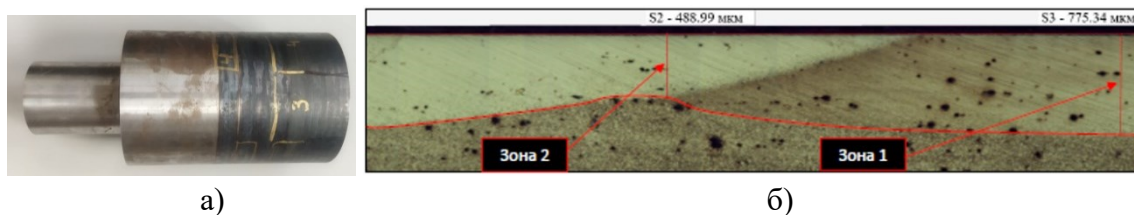


Рисунок 3 – Имитатор вала (а) и зоны замера глубины (б)

В результате получена твердость слоя 64,4 HRC (требуемая – не менее 45 HRC), радиальное биение снижено до 0,15 мм, шероховатость не превышает 0,8 мкм.

Технология внедрена для обработки восьми валов трех типоразмеров (рис. 4), а затем – для рабочих колес и втулок (всего 15 изделий, рис. 5). На основе анализа режимов сформирована база данных для серийного производства [8].

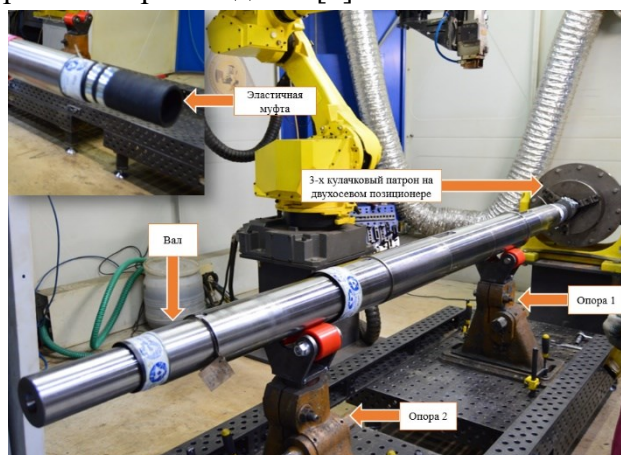


Рисунок 4 – Обрабатываемое изделие на экспериментальном стенде

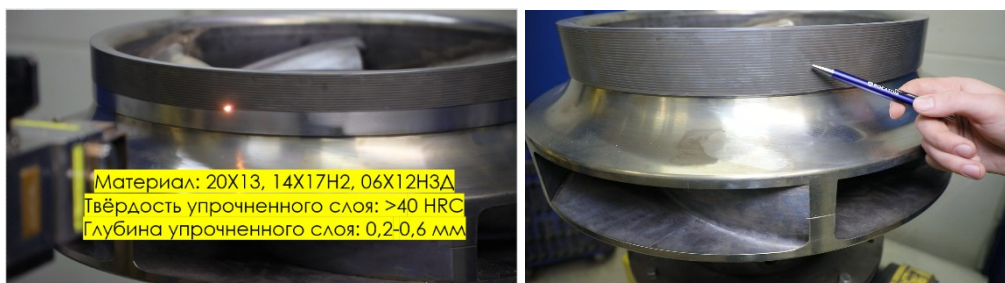


Рисунок 5 – Лазерная технология термоупрочнения серийных изделий «колесо рабочее» и «втулка»

Лазерная сварка трубных решеток холодильника ГЦНА. Теплообменные аппараты с трубными решетками применяются в составе различных агрегатов систем теплогазоснабжения, вентиляции, энергетической и атомной отрасли, в том числе и главные циркуляционные насосные агрегаты (ГЦНА) первого контура реакторных установок.

В исходной технологии использовалась аргонодуговая сварка с присадочным материалом, которая характеризуется значительными трудозатратами на сварки облицовочного слоя шва с присадочной проволокой и расходом проволоки. Целью проекта являлась замена аргонодуговой сварки на лазерную для ускорения процесса изготовления без расхода присадочного материала (рис. 6).



Рисунок 6 – Сварное соединение трубных решеток ГЦНА

Капиллярный и визуальный контроль показали отсутствие включений, трещин и непроваров. Качество сварных соединений полностью соответствует отраслевым нормам ПНАЭ Г-7-010-89. Производительность процесса возросла, а затраты присадочного материала отсутствуют.

Наплавка уплотнительных поверхностей запорной арматуры. Задвижки для атомных и тепловых электростанций работают при давлении до 25 МПа и температуре до 550 °С. Герметичность и ресурс определяются состоянием уплотнительных поверхностей «седло–тарелка» (рис. 7).

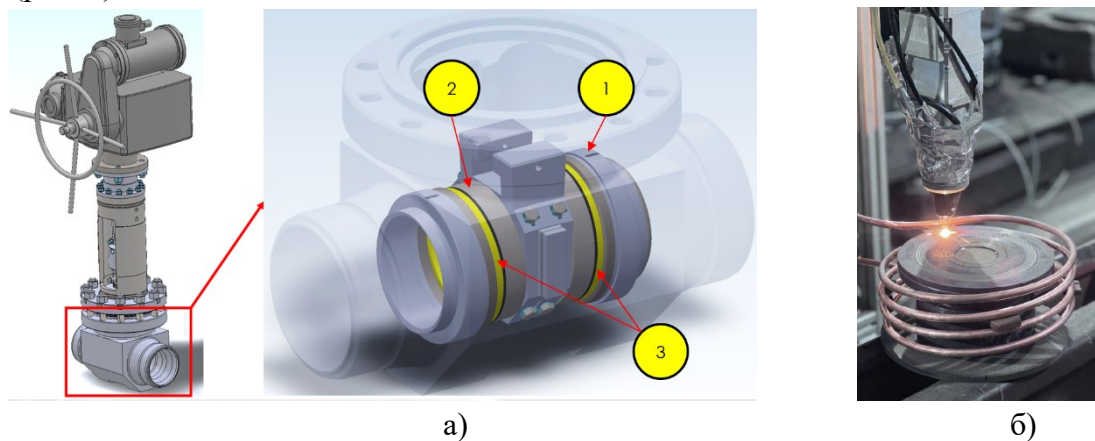


Рисунок 7 – Задвижки клиновые: а) общий вид (1 – седло; 2 – тарелка; 3 – уплотнительные поверхности); б) процесс лазерной наплавки уплотнительных поверхностей запорной арматуры

Традиционная комбинированная наплавка обладает рядом недостатков: избыточное тепловложение ведет к росту зерна и формированию широкой зоны термического влияния, высокий (до 25%) коэффициент перемешивания с основным металлом, длительность цикла обработки возрастает из-за многократных передач детали и удаление значительной части наплавленного металла при последующей механической обработке.

Разработана технология однопроходной лазерной наплавки порошкового материала ПР-10Х18Н9М5С5Г4Б, которая исключает промежуточный слой и обеспечивает зону перемешивания не более 200 мкм.

В сравнении с традиционной технологией количество выдерживаемых термоциклов увеличилось в три раза, что превышает требования нормативной документации). Трудоемкость изготовления в мелкосерийном производстве сокращена на 60%. Получено экспертное заключение АО «НПО «ЦНИИТМАШ» о возможности применения метода для арматуры АЭС. Заводские испытания изделий типа «Тарелка» подтвердили работоспособность и эксплуатационные характеристики.

В представленном докладе рассмотрены примеры внедрения лазерных технологий сварки, наплавки, термоупрочнения для предприятий нефтегазовой отрасли. На данных примерах можно понять их основные направления применения для нужд данной отрасли. Внедрение технологий возможно при совместной работе технических специалистов предприятий и научных центров, специализирующихся на новом применении лазерных технологий.

Список используемой литературы

1. Григорьянц, А.Г. Технологические процессы лазерной обработки: учеб. пособие для вузов / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664 с.

2. Лазерные аддитивные технологии в машиностроении: учебное пособие / А.Г. Григорьянц [и др.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 278 с.
3. Татаринцов, Е.А. Лазерная наплавка элементов запорной арматуры / Е.А. Татаринцов // Изв. ТулГУ. Технические науки. – 2015. – №11-1. – С. 101–107.
4. Полосков, С.С. Проблемы наплавки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры и пути их решения / С.С. Полосков // Вестник Донского гос. техн. ун-та. – 2019. – Т. 19. – № 4. – С. 349-356.
5. Разработка технологии лазерной сварки стали ЧС-82 с содержанием бора применительно к чехловым трубам для АЭС / А.Г. Григорьянц [и др.] // Сварочное производство. – 2016. – № 2. – С. 40-44.
6. Летягин, Н.В. Влияние лазерной сварки на структуру и механические свойства деформированного сплава Al-3Cu-0,5Si-0,5Mn // Н.В. Летягин [и др.] // Цветные металлы. – 2024. – № 3. – С. 70-77.
7. Гоц, А.Н. Выбор режимов лазерной наплавки порошка ПР-08Х17Н8С6Г / А.Н. Гоц [и др.] // Черные металлы. – 2020. – № 11. – С.46–51. DOI: 10.17580/chm.2020.11.07.
8. Завитков, А.В. Пути снижения неметаллических включений в покрытиях, нанесенных лазерной наплавкой / А.В. Завитков [и др.] // Вестник РУДН. Сер. Инженерные исследования. – 2023. – Т. 24. – № 3. – С. 271-278.
9. Великанов, Н.Л. Моделирование остаточных сварочных напряжений в судовых корпусных конструкциях / Н.Л. Великанов, О.В. Шарков // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – Т. 3. – №. 4 (42). – С. 31-35.,
10. Горунов, А.И. Лазерная сварка труб из стали 09Г2С / А.И. Горунов, О.А. Нюхляев, А.Х. Гильмутдинов // Вестник Югорского государственного университета. – 2024. – Т. 20. – № 1. – С. 35-45.
11. Горунов, А.И. Исследование упрочненного многослойного покрытия, полученного методом холодного газодинамического напыления с использованием лазера / А.И. Горунов // заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2020. – Т. 86. – № 7. – С. 33-38.
12. Люхтер, А.Б. Комплексная оценка эксплуатационной надежности модульной кабины с активной защитой от воздействия лазерного облучения / А. Б. Люхтер [и др.] // Фотоника. – 2021. – Т. 4. – № 15. – С. 282–295.

Научное электронное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИИ В ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИИ
ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Материалы региональной научно-практической конференции

22 апреля 2026 г.

г. Владимир

Издаются в авторской редакции

За содержание статей, точность приведенных фактов и цитирование
несут ответственность авторы публикаций

Системные требования: Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10; Adobe Reader;
дисковод DVD-ROM.

Тираж 9 экз.

Издательство Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.