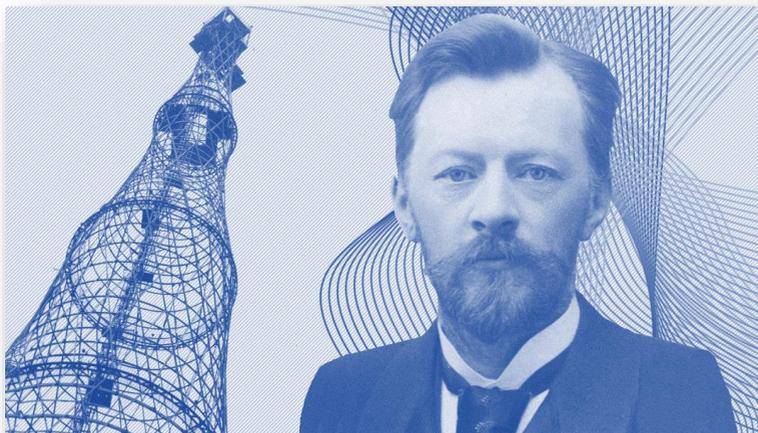


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Российская академия наук  
Российская академия архитектуры и строительных наук  
Администрация Белгородской области  
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова  
Международное общественное движение инноваторов  
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»

**Международная научно-техническая  
конференция молодых ученых  
БГТУ им. В.Г. Шухова,  
*посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова***



*Сборник докладов*

*Часть 3*

***Инновации и энергосбережение при обслуживании зданий и инженерных энергосистем***

Белгород  
16-17 мая 2023 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

М 43

**Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова [Электронный ресурс]:** Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – Ч. 3. – 185 с.

ISBN 978-5-361-01142-1

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященной 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745

ББК 72.5

**ISBN 978-5-361-01142-1**

©Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2023

## Оглавление

Аверьянов И.Г., Бондарева Д.С.

ПОЧЕМУ НЕВОЗМОЖНО СОЗДАТЬ ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ?  
ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ..... 8

Аверьянов И.Г., Бондарева Д.С.

ТЕПЛОФИЗИКА. ОСНОВАТЕЛИ И ПЕРВООТКРЫВАТЕЛИ ..... 11

Аралов Е.С., Чуйкин С.В.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОБЛУЧЕНИЯ  
ГАЗОЛУЧИСТОГО ОБОГРЕВАТЕЛЯ..... 13

Асеев И.И., Старенкова М.С.

ПЕЛЛЕТНЫЙ КОТЕЛ, КАК АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ  
СИСТЕМАМ ОТОПЛЕНИЯ ..... 17

Асеев И.И., Старенкова М.С.

ОБЗОР И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОЛНЕЧНЫХ  
БАТАРЕЙ И СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ..... 21

Бараненко Д.Ю., Нежурин В.В.

ПРИМЕНЕНИЕ СМАРТ СЧЁТЧИКОВ В ГАЗОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ  
..... 26

Бескровная Н.С., Каримова А.Э.

СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ПОТРЕБЛЕНИЯ  
СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА ..... 30

Гайдаш Д.С., Шумаков М.В., Товмач Д.Д.

ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В  
СФЕРЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ ..... 34

Дюндина В.П.

ВОПРОС ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ  
МНОГОКВАРТИРНЫХ ЗДАНИЙ ..... 38

Елистратова Ю.В., Гайдаш Д.С., Тополев Д.П.

ТЕХНОЛОГИИ BIM-МОДЕЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ .....	42
Завалей М.В.	
РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАМКАХ ОТДЕЛЬНОЙ КВАРТИРЫ И ОБЩЕДОМОВОГО ИМУЩЕСТВА МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА .....	45
Зимовин А.А.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ЭНЕРГОСЕРВИСНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ, МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ПОТРЕБЛЕНИЙ .....	50
Калаев В.П., Новиков М.Ю.	
ОБСЛЕДОВАНИЕ АНТЕННО-МАЧТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ..	55
Калашников Д.А., Кузнецова А.Д.	
АКТУАЛЬНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ЖИЛИЩНЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ .....	58
Каримова А.Э., Бескровная Н.С.	
СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ И ГВС НА БАЗЕ КОМБИНАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ И ВОЗДУШНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ .....	66
Карпенко Д.С.	
ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ В ЖКХ.....	71
Киричатый М.К.	
СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ТЕПЛОПOTЕРЬ ТРУБ .....	75
Клубаков Н.А.	
ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ЖЕЛЕЗО И НИКЕЛЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ .....	79
Ломоносова А.А., Маслов И.Н.	

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН .....	84
Мигулина А.А., Зубкова М.Н. ПРОГРАММЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА .....	87
Миннуллина А.С. ПРИМЕНЕНИЕ АКТУАЛИЗИРОВАННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ РАСЧЁТА ШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ .....	93
Московкин Д.Н. ВОЗМОЖНОСТЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ В ЧАСТНОМ ПОЛЬЗОВАНИИ .....	96
Никитина А.К. МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ .....	101
Нуриев Т.Р., Маслов И.Н., Маслова Г.Д. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК.....	104
Портнов И.Д. АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК НА ОТОПЛЕНИЕ У ПОТРЕБИТЕЛЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ.....	107
Портнов И.Д. МОНИТОРИНГ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗА ОТОПИТЕЛЬНЫЙ СЕЗОН 2020–2021г. .....	112
Саввин Н.Ю., Губенко М.В. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ .....	116
Сагитов К.Р., Маслов И.Н., Маслова Г.Д.	

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ УСТАНОВКИ ОПТИМИЗАТОРОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ .....	119
Сарбаева Я.И.	
ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ГЕНЕРИРУЮЩИХ КОМПАНИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ .....	122
Сиразева Р.И.	
ЭКОНОМИЧНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РЕГИОНАХ ТАТАРСТАНА .....	125
Слюнкин А.С.	
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ .....	129
Фаустова С.А., Васильева Н.А., Аманов С.	
УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА .....	132
Хабетдинов М.Р.	
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИЛОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	136
Хайруллина А.М., Маслов И.Н.	
ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА В ЭНЕРГЕТИКЕ .....	139
Хвостова П.В., Догонина А.О., Рязанцев Д.В., Калужный Д.А.	
ВИДЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ .....	142
Хвостова П.В., Догонина А.О., Рязанцев Д.В.	
ВИДЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПРЕДПРИЯТИЯХ КРС .....	147
Хвостова П.В., Догонина А.О.	
СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ОТ УДАРА МОЛНИИ .....	151
Хвостова П.В., Догонина А.О.	
ГРОЗОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА .....	154

Хвостова П.В., Догонина А.О.	
ВИДЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ .....	156
Хвостова П.В., Догонина А.О., Тополев Д.П.	
ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СФЕРЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ .....	158
Хвостова П.В., Догонина А.О., Тополев Д.П.	
НАЗНАЧЕНИЕ И ФУНКЦИИ ГРОМООТВОДА .....	162
Чесняк А.В.	
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕМ В БЕЛГОРОДЕ .....	164
Шайдуллин А.И., Маслов И.Н., Маслова Г.Д.	
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ МАЛОЙ ГЕНЕРАЦИИ .....	168
Шалпегин Д.С.	
ВЛИЯНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ЗВУЧАНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ .....	171
Шумаков А.А.	
НЕОБХОДИМОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧКИ РОСЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	174
Ястребов А.В., Саввин Н.Ю.	
АКТУАЛЬНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛИЩНЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ .....	177

*Аверьянов И.Г., Бондарева Д.С.*

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПОЧЕМУ НЕВОЗМОЖНО СОЗДАТЬ ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ? ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ**

Потребность человека в энергии с каждым днём увеличивается, однако развитие систем создания энергии, доступной к потреблению, сводится к одному принципу – вращение турбины за счёт нагретого пара и повторное его использование. Но коэффициент полезного действия такого принципа колеблется от 20 до 40%, что не позволяет нам в полной мере использовать те ресурсы, которые мы имеем. Так как нам повысить этот показатель? Что нам мешает? Ответ – законы природы энергии как таковой, а в нашем случае, фундаментальные законы термодинамики.

*Термодинамика – это наука о законах теплового движения (термо) и его превращениях (динамике) в другие виды движения. По мнению одного из самых известных и успешных учёных XX века, «...термодинамика – это единственная наука, относительно которой я глубоко убежден, что в достоверности ее основных положений она никогда не будет опровергнута...» - Альберт Эйнштейн. Учёный говорил о фундаментальных законах термодинамики, о её началах, которые обобщают экспериментальные данные и выполняются независимо от конкретной природы макроскопической системы [1].*

Начнём с Первого. Этот закон является законом сохранения и превращения энергии. Его формулировка выглядит следующим образом: *«Энергия не исчезает и не возникает вновь, а лишь переходит из одного состояния в другое».* В формульном виде Первый Закон термодинамики имеет следующий вид:

$$Q = \Delta U + A, (1)$$

где  $Q$  – количество теплоты, переданное системе;  
 $\Delta U$  – изменение внутренней энергии системы (газа);  
 $A$  – работа газа;

Первый закон термодинамики указывает нам на то, что для получения полезной работы ( $A$ ) в непрерывно работающем двигателе

нам необходимо подводить (затрачивать) теплоту ( $Q$ ). Исходя из этого заключения, мы можем дать определение вечного двигателя I-го рода:

«Вечным двигателем I-го рода называется замкнутая система, способная совершать полезную работу на неограниченном участке времени без дополнительных затрат энергии» [2].

Зная первый закон термодинамики, мы сразу увидим противоречие между ним и определением вечного двигателя I-го рода, ведь суть этого двигателя заключается в том, чтобы совершать работу без дополнительных (внешних) затрат, в то же время, закон говорит об обратном, что раз и навсегда разрушает наше мечты о таком механизме.

Но может тогда мы сможем извлечь пользу из изменения направления процессов? Ведь закон сохранения энергии ничего не говорит о направлении энергии, а лишь утверждает нам, что энергия переходит из одного состояния в другое. Однако и тут есть своё НО, которое называется Вторым Законом термодинамики. Второй Закон термодинамики гласит, что тепло более горячей системы переходит только в сторону более холодной [3].

Примером проявления второго закона термодинамики является заключение, которое мы делаем каждый день в повседневной жизни по утрам. Забрасывая лёд в чай или кофе, мы видим, как лёд начинает таять от теплоты горячего напитка, но почему процесс не идёт в обратном направлении? Почему энергия, содержащаяся в кусочке льда, не переходит к более горячему относительно него напитку? И вот для разъяснения такого вопроса нам необходимо понятие энтропии.

Энтропия ( $dS$ ) – физическая величина, описывающая термодинамическое состояние системы, мера хаоса и беспорядка макросистемы, состоящей из микропроцессов. Чем больше мы не знаем о микропроцессах, создающих макросистему, тем больше энтропия. Вспомним постулат Клаузиуса: «Сумма энтропий всех тел, принимающих участие в процессах преобразования энергии, не может уменьшаться ( $\sum dS > 0$ ). Она возрастает в естественных необратимых процессах либо остается неизменной ( $\sum dS = 0$ ), если все процессы обратимы». То есть мы не можем самопроизвольно передавать тепло от холодного тела к горячему, так как тогда энтропия процесса будет уменьшаться, что невозможно в наших реалиях. Мы можем изменить направление процесса, но лишь приложив дополнительные усилия извне, что понизит КПД механизма и ни о какой вечности речи идти не может. Поэтому мысли о механизме, забирающем тепло из любых источников и превращающий их в работу, также отправляются на полку с подписью «Мечты» [2].

Человечество ни один раз встречалась с заявлениями о том, что какой-то инженер создал вечный двигатель, однако все такие случаи являлись обманом непросвещённых, которые верили в такие слова. Однако в наше время, благодаря трудам таких учёных, как Рудольф Клаузиус (формулировка и доказательство I-го и II-го начал термодинамики в 1850 году), Джеймс Джоуль (формулировка всемирного сохранения энергии в трудах 1847-1850 годов), Герман Гельмгольц (формулировка закона сохранения энергии и введение понятия свободной энергии в своём труде 1881 года) и Уильям Ренкин (труд «Руководство по тепловым машинам» 1859 года), мы с полной уверенностью и долей грусти можем сказать, что вечный двигатель I-го и II-го рода не реализуемы в наших реалиях, однако в наше время активно разрабатываются принципы и механизмы, увеличивающие КПД двигателей современности. Так, например, инженеры из компании Nissan заявили в 2016 году о разработке гибридного двигателя, а конкретно системы e-Power и через 5 лет, а конкретно 1 марта 2021 года, было объявлено о том, что они смогли преодолеть предел КПД бензинового двигателя и подняли планку с 41% до 50% [3,4].

Приятно осознавать, что мы живём в век технологического развития и своими глазами можем наблюдать, как человеческая мысль постигает всё новые и новые вершины. Пускай мы и не можем создать вечный двигатель, но это не означает, что нам не к чему стремиться.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Studme [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://studme.org/> - Дата доступа: 25.03.2023.
2. Кущев, Л. А. Тепловизионные исследования оригинальной пластины теплообменника / Л. А. Кущев, Н. Ю. Саввин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 1. – С. 38-45. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-6-1-38-45. – EDN JCGTZO.
3. StudFiles [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://studfile.net/> - Дата доступа: 24.03.2023.
4. Российская электронная школа [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://resh.edu.ru/> - Дата доступа: 24.03.2023.
5. Авторский научно-популярный проект «Инженерные знания» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://inznan.ru/> - Дата доступа: 2.03.2023.

*Аверьянов И.Г., Бондарева Д.С.*

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ТЕПЛОФИЗИКА. ОСНОВАТЕЛИ И ПЕРВООТКРЫВАТЕЛИ**

Моя статья посвящена основателям и первооткрывателям теплофизики. Как известно, данная наука описывает процессы транспорта тепла и его эффекты в материалах и системах разной природы. Разработка основных законов теплофизики началась задолго до нашей эры и продолжается до сегодняшнего дня. Разберемся, кто же первыми изучал данные процессы и какие открытия сделали последующие исследователи.

Один из первых ученых, занимающихся изучением процессов теплопередачи, был Гераклит Эфесский. В его философских трудах была попытка объяснить природу тепла и его взаимодействие с водой и воздухом. Однако первые конкретные законы и уравнения, описывающие термодинамику, были придуманы в XVIII веке. Главным открытием было установление закона сохранения энергии, сформулированного Германом Гельмгольцем в 1847 году. Он утверждал, что в закрытой системе энергия не создается и не уничтожается, а только превращается из одной формы в другую [1].

Следующим важным физиком-теоретиком был Рудольф Клаузиус. Его исследования в области статистической термодинамики привели к формулированию второго закона термодинамики, который гласит: "природа всегда стремится к увеличению энтропии изолированных систем". Также было открыто и основное соотношение термодинамики, связывающее увеличение внутренней энергии системы с работой, совершаемой над ней и количеством передаваемого тепла [1].

В 1850 году Ирвинг Ленгмюр открыл явление поглощения газами световой энергии, что помогло понять принцип работы лазеров в будущем. В 1896 году Жан Батист Перрен обнаружил явление тепломассообмена, когда энергия тепла и масса одновременно передаются между двумя средами [2,3].

В 1860 г., исследуя капиллярные постоянные жидкостей, Д. И. Менделеев пришел к выводу, что существует некоторая определенная температура, названная им "абсолютной температурой кипения", при которой капиллярная постоянная обращается в нуль, молекулярное сцепление исчезает и жидкость по своим свойствам становится

тождественной с паром. Результаты своих исследований он изложил в статье "О сцеплении некоторых жидкостей и об отношении частичного сцепления к химическим реакциям", напечатанной в "Горном журнале" за 1861 г. Об этой статье сам Менделеев позже писал: "Статья эта есть заключение... всех моих работ по капиллярности. Из них, кроме некоторых фактических численных данных и ознакомления с некоторыми чистыми веществами (например, глицерином), ценно преимущественно понятие - ныне общепринятое - о температуре абсолютного кипения, ныне называемой "критической температурой". Понятие "критической температуры", о котором говорит здесь Менделеев как "ныне общепринятом", было введено английским ученым Томасом Эндрюсом в 1869 г [2].

Определению критического состояния, выяснению этого понятия и разбору методов определения критических параметров было посвящено множество работ. Особо следует отметить вклад русских ученых: исследования физиков Киевской школы М. П. Авенариуса, который вместе со своими учениками А. И. Надеждиным, В. И. Зайончковским, О. Э. Страусом, К. И. Жуком, И. И. Косоноговым определил критические параметры. Данные, полученные этими исследователями, пользовались широкой известностью и публиковались в физических и химических справочниках, в частности в известном справочнике Лацдольта. Особенно замечательны исследования безвременно скончавшегося талантливого физика А. И. Надеждина, разработавшего оригинальный метод определения критического состояния и впервые определившего (7 марта 1885 г.) критическую температуру воды [3].

Большой вклад в развитие теплофизики внесла Мария Склодовская-Кюри. Она занималась изучением излучения и фотоэффекта, что позволило ей получить Нобелевскую премию по физике в 1903 году. Ее работа помогла доказать, что электроны могут освобождаться из атомов и молекул при воздействии на них света.

Роберт Стирлинг, Байрон и Карно являются важными исследователями теплофизики. Карно ввел термин "цикл Карно", который описывает процесс циркуляции тепла в изэнтропическом движении. Стирлинг разработал колесо с большой эффективностью и показал, что его машина имела значительное преимущество перед паровыми машинами того времени. Байрон изучал взаимодействие тепла и энергии в цепях тепла [3,4].

Также стоит отметить исследования Андре Мари Ампера, который в 1824 году разработал теорию о том, что энергия тепла и света это одно и то же явление, но в разных формах [5].

В заключении хочу сказать, что на протяжении всей истории человечества ученые изучают процессы теплообмена и связанные с ними явления. С некоторых времен в этой области науки были сделаны значительные открытия, которые изменили нашу жизнь и способность использовать энергию в окружающей нас среде. Будущее теплофизики видится мне как усложнение математических моделей и оптимизацию продуктивности применяемых устройств.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Куцев, Л. А. Тепловизионные исследования оригинальной пластины теплообменника / Л. А. Куцев, Н. Ю. Саввин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 1. – С. 38-45. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-6-1-38-45. – EDN JCGTZO.

2. Научно-техническая библиотека SciTecLibrary [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.sciteclibrary.ru/>- Дата доступа: 25.04.2023.

3. StudFiles [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://studfile.net/> - Дата доступа: 22.04.2023.

4. Библиотека по физике [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://physiclib.ru/> - Дата доступа: 24.04.2023.

5. Биограф [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://biographe.ru/>- Дата доступа: 1.05.2023.

**УДК 697.7**

*Аралов Е.С., Чуйкин С.В.*

*Воронежский государственный технологический университет,  
г. Воронеж, Россия*

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОБЛУЧЕНИЯ ГАЗОЛУЧИСТОГО ОБОГРЕВАТЕЛЯ**

При избыточной влажности и радиационном охлаждении в производственных и общественных помещениях возможно образование конденсата на строительных конструкциях. Как правило, эта проблема решается либо продувкой теплым воздухом верхней части помещения, либо дополнительным утеплением полов для предотвращения образования конденсата на большой площади. Однако при наличии

небольших локальных участков с интенсивным радиационным воздействием эти решения могут оказаться нецелесообразными. В этом случае эффективнее использовать локальный лучистый нагрев, чтобы повысить температуру этих поверхностей выше точки росы и избежать необходимости обширной изоляции или оборудования, а также снизить затраты на обработку больших объемов продувочного воздуха.

Существующие темные газолучистые обогреватели состоят из линейных нагревательных элементов в виде прямых или изогнутых труб, снабженных прямоугольными отражателями. Эти устройства располагаются симметрично на стенах или поверхности крыши, чтобы излучение происходило в нижнюю часть. Однако ограничением этих устройств является то, что излучающая поверхность работает только в одном направлении. Для снижения затрат на системы лучистого отопления можно использовать двухзонные обогреватели. Пример такой модели показан на (Рис. 1).

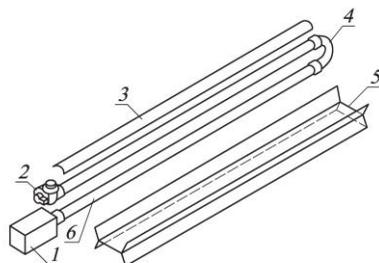


Рис. 1 Принципиальная схема двухзонного темного газолучистого обогревателя

При проектировании систем газолучистого отопления необходимо определить их установленную мощность. Для решения этой задачи доступны различные методы, которые можно разделить на две группы: определение тепловых потерь помещением с учетом комфортной или допустимой облученности; определение комфортной облученности обогреваемых людей.

Плотность лучистого притока теплоты в общем случае определяются по известной зависимости

$$q_{\text{лч}} = c_n \cdot \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot \varphi, \quad (1)$$

где  $c_n$  – приведенный коэффициент излучения, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>);  $T_1$  и  $T_2$  – температуры взаимодействующих поверхностей, К;  $\varphi$  – коэффициент

облучения, учитывает взаимное расположения поверхностей теплообмена.

$$c_n = 1 / \left( \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} - \frac{1}{c_0} \right), \quad (2)$$

где  $c_0$  – коэффициент излучения абсолютно черного тела, равняется 5,67 Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>);  $c_1$  и  $c_2$  – коэффициенты излучения серых тела при взаимном облучении, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>).

При изменении положения излучающих и принимающих излучение поверхностей изменяется и коэффициент облучения, что приводит к значительному увеличению лучистого потока, что, в свою очередь, может вызвать перегрев обрабатываемых поверхностей. Чтобы этого не произошло, очень важно точно вычислить интегральный параметр при определении значения плотности лучистого потока.

В общем случае коэффициент облучения определяется с помощью двойного интегрирования по зависимости (3):

$$\varphi = \frac{1}{F_1} \int_{F_1} \int_{F_2} \frac{\cos \beta_1 \cos \beta_2}{\pi R^2} dF_1 dF_2, \quad (3)$$

где  $F_1$  и  $F_2$  – площади взаимодействующих поверхностей, м<sup>2</sup>;  $R$  – расстояние между поверхностями, м;  $\beta_1$  и  $\beta_2$  – углы падения излучения.

Разработанная программа расчета позволяет определять коэффициента облучения системы лучистый обогреватель – облучаемая поверхность с произвольным взаимным расположением плоской поверхности облучателя с элементарной площадкой. При расчете вводятся исходные геометрические данные характеризующие взаимное расположение излучателя и площадки, которые показаны на (Рис. 2). Далее программа проводит расчет коэффициента облучения согласно методике, приведенной выше.

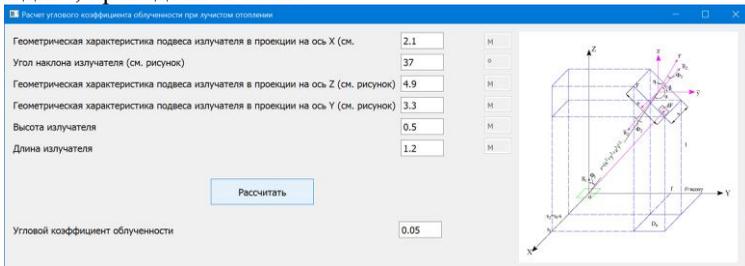


Рис. 2 Вывод расчетных данных программы оптимизации

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент на полезную модель № 213700 U1 Российская

Федерация, МПК F24D 5/08, F23M 9/04, F28D 1/047. Двухзонный темный газолучистый обогреватель: № 2022118249: заявл. 04.07.2022: опубл. 23.09.2022 / С. В. Чуйкин, Е. С. Аралов.

2. Аралов Е. С. Оптимизация конструкции газолучистого обогревателя темного типа / Е. С. Аралов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 1(24). – С. 55-61. – DOI 10.36622/VSTU.2023.24.1.006.

3. Чуйкин С. В. "Газолучистое отопление". Научно-практические проблемы и особенности проектирования / С. В. Чуйкин, Т. А. Змановский, А. Р. Бохан, К. А. Григорьева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2019. – № 4(17). – С. 29-33.

4. Болотских Н. Н. Ленточные инфракрасные газовые обогреватели Schulte для отопления высоких помещений с большой тепловой нагрузкой / Н. Н. Болотских // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2013. – № 9(115). – С. 38-45.

5. Ермолаев А. Н. Повышение эффективности работы высокотемпературных газовых горелок инфракрасного излучения / А. Н. Ермолаев // Главный энергетик. – 2019. – № 6. – С. 10-21.

6. Глушков А. Ю. Расчет газовых лучистых обогревателей для помещений сложной конфигурации / А. Ю. Глушков, И. И. Полосин // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2013. – № 11(143). – С. 56-57.

7. Дугаров Ю. Ц. Применение газовых инфракрасных обогревателей как перспективное направление в отопительной технике / Ю. Ц. Дугаров, Р. А. Кадцын // Промышленное и гражданское строительство. – 2003. – № 12. – С. 38-39.

8. Кудрина Е.С. Сравнение различных типов газовых инфракрасных обогревателей / Е. С. Кудрина, А. Ю. Чадов, Д. О. Мухамедияров [и др.] // Аспирант. – 2020. – № 4(55). – С. 99-101.

9. Семенов Р. И. Отопление производственных помещений при помощи газовых инфракрасных обогревателей / Р. И. Семенов, С. В. Угорова // – 2019. – № 5-3. – С. 280-285.

10. Аралов Е. С. Обеспечение теплового комфорта в помещениях ресторанных комплексов / Е. С. Аралов // Научная опора воронежской области: Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий, Воронеж, 03–28 апреля 2017 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 95-96.

*Асеев И.И., Старенкова М.С.*

*Научный руководитель: Шеремет Е.О., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПЕЛЛЕТНЫЙ КОТЕЛ, КАК АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ СИСТЕМАМ ОТОПЛЕНИЯ**

На сегодняшний день существует широкое разнообразие видов систем отопления, при этом значительное внимание уделяется использованию природного газа как основного вида топлива. Однако не прекращаются исследования по улучшению конструкций существующих систем, а также использованию альтернативных источников энергии для систем отопления [1].

Производство биотоплива – одно из перспективных направлений российской экономики. Учитывая истощение мировых запасов энергетического топлива, и, тем самым, увеличение цен на энергоресурсы, использование биотоплива позволяет увидеть возможность преодоления проблем экологического и экономического масштаба.

Россия владеет богатым запасом различных полезных ископаемых, но, в свою очередь, использование биологического горючего также рентабельна для нашей страны, так как имеются огромные ресурсы возобновляемых источников энергии. Количество отходов отраслей лесо- и деревопереработки составляет 700 млн. т в год, энергетическая ценность которых превышает 300 млн МВт на каждые 100 млн т., однако утилизируется не более 10 % от общего объема [2]. Одним из значимых мест в тренде российской биоэкономики принадлежит древесным гранулам — пеллетам.

Пеллеты – это экологически чистое топливо, производимое из опилок и имеющее цилиндрическую форму. Однако пеллеты производятся не только с помощью вторичной древесной переработки, различают угольные, торфяные и пеллеты животного происхождения.

Известно, что с каждого бревна получается 35-40% отходов [3]. Отсюда следует, что при использовании пеллет как топлива, экономия природных источников энергии уменьшается на эти 35-40%.

К преимуществам пеллет перед обычной древесиной можно отнести также то, что в них содержание влаги значительно ниже (от 4% до 8% по сравнению с дровами – 20-60%). Также, плотность пеллетного топлива значительно выше ( $640 \text{ кг/м}^3$ , по сравнению с дровами – 160-

400 кг/м<sup>3</sup>). Данные качества обеспечивают высокую теплотворную способность – 18,17 МДж/кг. Низкое содержание влаги в древесных гранулах делает их более эффективным топливом, чем дрова. В России пеллеты являются достойной альтернативой традиционным видам топлива, таким как уголь, нефть, дрова [2].

Газовая промышленность является одной из основных частей топливно-энергетического комплекса страны. Отсюда следует, что использование газа как топлива значительно преобладает перед другими видами энергии. В 2021 году компания Вахі, которая специализируется на продаже газового оборудования, поставила в РФ 1,5 млн напольных и настенных котлов [4], а занимаемая доля от общего рынка составляет 10,9% [5]. Данные факты подтверждают, что РФ активно использует газовое топливо.

Основной задачей исследования является сравнение газового и пеллетного котлов по таким показателям как стоимость оборудования, удобство эксплуатации, экологичность, стоимость и теплотворная способность, безопасность эксплуатации, сложность подключения, а также перспективы использования. Цель – определить насколько пеллетные котлы могут конкурировать с традиционными, газовыми котлами.

Таблица 1 – Сравнение газового и пеллетного котла

<b>Сравнение</b>	<b>Газовый котел</b>	<b>Пеллетный котел</b>
<b>Стоимость оборудования</b>	Цена газового котла с необходимой автоматикой колеблется в районе 30-50 тыс. рублей.	Пеллетный котел с горелкой шнеком и бункером с рабочей мощностью 10-15 кВт стоит от 200 тыс. рублей.
<b>Удобство эксплуатации</b>	Чистка, проверка и регулировка котла производится раз в год. Магистральный газ обладает неизменным качеством топлива.	Чистить пеллетный котел и удалять в нем крезот (золу) нужно раз в две недели. Регулярность чистки горелки зависит от влажности и качества пеллет, но не реже одного раза в 2 месяца. Раз в год необходимо проводить комплексную очистку всего котла.

Экологичность	При горении образуется CO <sub>2</sub> в значительных количествах.	Горение сопровождается запахом горящих древесных поленьев. Выброс CO <sub>2</sub> гораздо ниже, чем при горении газа.
Стоимость и теплотворная способность	Газ имеет высокую теплотворную способность: 33 МДж/куб.м (7 500 ккал/куб.м). Цена 1 тыс. куб.м газа составляет 6,9 тыс. рублей.	Теплотворность пеллет зависит от их качества и достигает 19 МДж/кг (4 500 ккал/кг). Средняя цена 1 тонны пеллет зимой - около 8,5 тыс рублей, 5,5 тыс. рублей летом.
Безопасность эксплуатации	Существуют возможность утечки газа. Газ – взрывоопасное топливо.	В настоящий момент пеллеты являются наиболее безопасным видом топлива. Пеллеты не являются взрывоопасным топливом.
Сложность подключения	При подключении газа к дому существует множество проблем: - оформление документации - прокладка труб - подготовка места под котельное оборудование - приобретение доп. газового оборудования (счетчики, муфты и т.п.) - установка котла и подключение его к системе газоснабжения - опрессовка трубопровода В процессе также принимают участие сотрудники службы газа, сотрудники противопожарной службы МЧС. Процедура подключения газового оборудования по итогу получается дорогой.	Расходы на размещение пеллетного котла похожи на расходы газового (подготовка дымохода, проведение противопожарных мероприятий и т.д.). Установку и подключение котла можно провести без участия внешних специалистов.

Перспективы использования	Стоимость газа на рынке не стабильна. На внутреннем рынке стоимость составляет 50 у.е., на внешнем – 250 у.е. (в 5 р. больше). Цена на внутреннем рынке стремится к мировой.	Стоимость не должна значительно меняться, несмотря на то, что большие объемы пеллет идут на экспорт. К тому же, количество производителей пеллет растет, поскольку это перспективное направление.
------------------------------	--	---

Древесные пеллеты – это современная, экологичная и экономичная альтернатива традиционным видам топлива, используемым для отопления жилых домов, предприятий и общественных зданий.

В настоящий период рынок экологически чистого топлива только лишь стал появляться в России. Увеличение тарифов на энергию неминуем, и биотопливо будет содействовать увеличению спроса как на внешнем, так и на внутреннем рынках. Россия обладает крупнейшим в мире запасом лесных ресурсов, что дает возможность занять роль ведущего поставщика нового вида топлива. На сегодняшний день даже внутренний рынок России является весьма перспективным и многообещающим в плане получения дохода [6].

В процессе работы был произведен процесс сравнения газового и пеллетного котла. Оба вида котла имеют свои преимущества и недостатки, окончательный выбор зависит от потребителя. На сегодняшний день газовое топливо дешевле, однако стоит отметить что пеллеты являются отличной альтернативой газу в тех районах, где прокладка газопровода экономически невыгодна.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кобелев Н.С., Минко В.А., Кобелев В.Н., Семиненко А.С., Гунько И.В., Токарева А.В, Тарасов Д.М. Энергосберегающее решение в биосферных системах отапливаемых жилых и общественных зданиях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №2. С. 62-65.

2. Мороховец Андрей Евгеньевич, Попов Николай Васильевич Производство твердого биотоплива в России: экономика развития и инвестиции в будущее // Экономикс. 2014. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvo-tverdogo-biotopliva-v-rossii-ekonomika-razvitiya-i-investitsii-v-budushee> (дата обращения: 22.02.2023).

3. Morozovoles. Древесные отходы при производстве пиломатериалов, утилизация и переработка. [Электронный ресурс]-

URL: <https://morozovoles.ru/pages/drevesnye-otkhody-pri-proizvodstve-pilomaterialov/> (дата обращения 22.02.2023).

4. Вахи. Новый рекорд: 1 500 000 котлов в России! [Электронный ресурс]- URL: <https://baxi.ru/about/news/novyy-rekord-1-500-000-kotlov-v-rossii/> (дата обращения 22.02.2023).

5. Вахи. Итоги 2021 года и тенденции развития рынка отопительного оборудования в РФ. [Электронный ресурс]- URL: <https://baxi.ru/about/news/itogi-2021-goda-i-tendentsii-razvitiya-rynka-otopitelnogo-oborudovaniya-v-rf/> (дата обращения 22.02.2023).

6. Зинина О.В., Шапорова З.Е. Альтернативные виды топлива и их эффективность // Международный научный журнал «Инновационная наука». 2016. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/alternativnyye-vidy-topliva-i-ih-effektivnost> (дата обращения: 22.02.2023)

**УДК 620.92**

*Асеев И.И., Старенкова М.С.*

*Научный руководитель: Шерemet Е.О., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ОБЗОР И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ И СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ**

На сегодняшний день, когда ведется борьба за экологию, одним из важных векторов развития энергетики является увеличение эффективности преобразования и использования первичной и альтернативной энергии [1]. Возобновляемые источники энергии – будущее нашей планеты. К настоящему времени больше всего энергии вырабатывают ветряные электростанции, но наиболее динамично развивается солнечная энергетика. Создается все больше и больше солнечных ферм с более совершенными технологиями. Поскольку текущие выбросы углерода находятся на рекордно высоком уровне (в России это число достигает 11,44 тонны CO<sub>2</sub> на душу населения) [2], страны начали договариваться о снижении загрязнения воздуха, достигнув нулевого уровня выбросов до 2050 года. Таким образом, установка солнечного коллектора или панели в вашем доме является долгосрочным и хорошим решением. Кроме того, известно, что Солнце дает в 5,9 тыс. раз больше энергии, чем люди в настоящее время ее производят [3]. Мы обязаны научиться использовать ее.

В данной статье будет приведена сравнительная характеристика солнечных панелей и солнечных коллекторов. Однако стоит отметить, что это два совершенно разных технологических процесса, которые значительно отличаются как по конструкции, так и по назначению, оттого обе технологии имеют свои преимущества и недостатки. Первый преобразует солнечную энергию в электрическую, второй предназначен для получения тепла.

#### *Солнечные коллекторы (гелиосистема)*

В устройстве гелиосистемы (рис. 1) присутствуют такие элементы:

1. Солнечный коллектор. основополагающий элемент, который улавливает солнечные лучи и преобразует инфракрасное излучение в тепловую энергию. Это приводит к разогреванию панелей, тем самым нагревая жидкий теплоноситель
2. Бак-аккумулятор, служит для накопления теплоносителя
3. Система трубопроводов, который перемещает теплоноситель из коллектора в бак и наоборот
4. Контур нагрева воздушных масс – иными словами, трубы отопления
5. Автоматика – устройства регуляции температуры и контроля
6. Дублирующий источник энергии – необходим на случай плохой погоды.

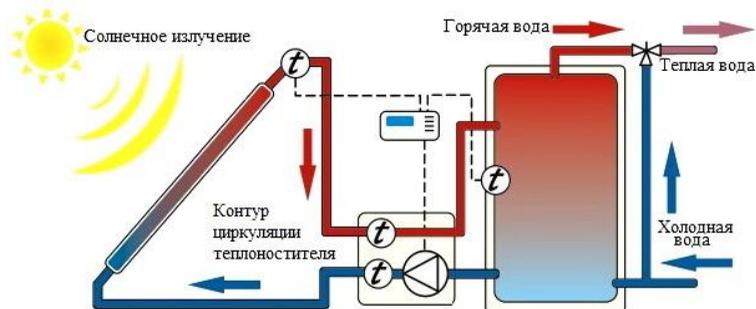


Рис. 1 Устройство гелиосистемы

Существует три вида гелиоколлектора:

1. Открытый – поглощающая панель используется без корпуса. Используются обычно в странах с теплым климатом и с наибольшим числом солнечных дней в году. К плюсам данного вида можно отнести простоту устройства, легкость монтажа, большой КПД устройства, небольшой вес. Из минусов можно выделить зависимость от погоды, ограниченность применения, малый срок службы.

2. Плоский – наиболее распространенный вариант. К плюсам относятся возможность применения круглый год, надежность и эффективность, универсальность, длительный срок службы. Однако, минусом является низкий КПД в период слабого излучения Солнца.

3. Вакуумный – сложность конструкции заключается в поддержании вакуума на необходимом уровне. Из-за этого дополнительно устанавливаются специальные насосы. Плюсы – высокая эффективность, универсальность, максимальный КПД в зимний период. Минусом является низкая надежность. При плохих погодных условиях (например, град) коллектор повреждается, вследствие чего вакуум пропадает.

Принцип действия гелиосистемы состоит в следующем: лучи Солнца, попадая на плоский слой панели коллектора, который состоит из пластин специальных металлов и окрашен в черный цвет, нагревает воду, которая по системам трубопроводов направляется к потребителю. Часть труб располагается под пластинами. Далее, вода попадает в резервуар – бак-аккумулятор, где хранится до ее использования. В солнечный день температура воды может достигать 70°C.

На рис. 2 приведен график зависимости КПД коллектора (по оси Y) и разницы температура между окружающей средой и солнечным коллектором (по оси X)

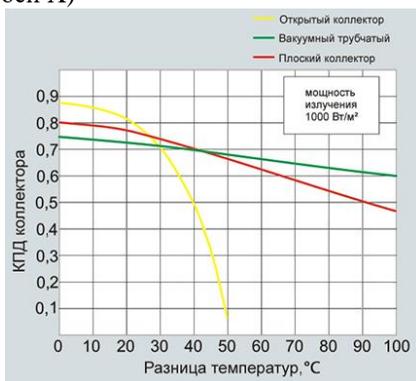


Рис. 2 КПД коллектора

### *Солнечные батареи*

Солнечная батарея представляет собой устройство, которое собирает световую энергию солнечных лучей и преобразует её в электрический ток. В её основе используются полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи – фотоэлементы. Наиболее

известным полупроводником является кремний – именно из него изготавливают р-слой (+) и n-слой (-).

Принцип действия солнечной батареи основан том, что при попадании солнечного света на фотоэлектрический слой осуществляется высвобождение электронов из двух слоев. На освободившееся место из первого слоя встают электроны второго слоя. Происходит постоянное движение электронов, что образует электрической поле на р-n переходе из-за разности потенциалов. Данный эффект заставляет электрон перемещаться в полупроводник n-типа, образуя постоянный ток. Далее постоянный ток поступает в инвертор, который преобразовывает его в переменный. На выходе, благодаря инвертору, появляется напряжение 220/380 В [4]. На рис. 3 представлено устройство и принцип работы солнечной батареи.

Различают три типа солнечных батарей:

1. Монокристаллические – самый дорогой вид, однако имеет высокое КПД (до 25%), длительный срок службы (20-25 лет), наименьшая площадь для производства 1 кВт энергии (до 8 м<sup>2</sup>)

2. Тонкопленочные – дешевые и легкие, площадь производства чуть больше монокристаллического вида, но гарантийный срок такого типа панели не превышает 3 лет и сильно зависим от погодных условий.

3. Поликристаллический – площадь производства в несколько раз больше предыдущих аналогов, более производительны в условиях низкой освещенности, уступают по прочности и долговечности другим типам панелей [5]

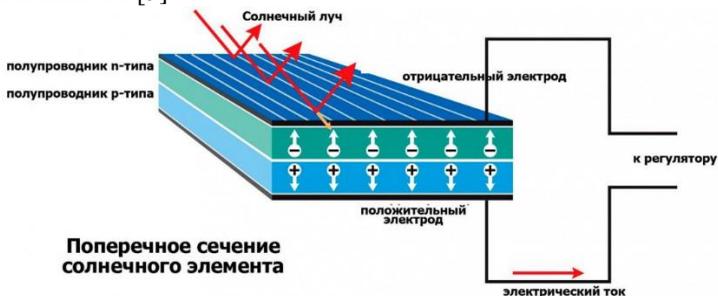


Рис. 3 Устройство и принцип работы солнечной батареи

Основной задачей статьи является сравнение солнечных батарей и коллекторов. Однако их сходством является лишь: способ установки. Поэтому эти решения не конкурируют друг другом, а отлично дополняют.

Преимущества солнечных батарей:

- минимальные потери на транспортировку энергии (на любом расстоянии);

- работают в любое время года;
- долговечность;
- простота монтажа;
- отсутствие подвижных частей, нет износостойких деталей.

Недостатки солнечных батарей:

- высокие начальные инвестиционные затраты;
- большая площадь;
- низкий КПД;
- необходимость найти подходящее место для установки;
- производство электроэнергии только днем.

Преимущества солнечных коллекторов:

- возможность приготовления горячей воды без необходимости запуска системы отопления;

- поддержка системы центрального отопления;
- энергоэффективность;
- неприхотливость в обслуживании;
- удобство эксплуатации.

Недостатки солнечных коллекторов:

- работают в основном для нагрева горячей воды для бытовых нужд;

- производят тепло только в солнечные дни, (значительные потери тепла в пасмурные и холодные дни);

- первоначальные высокие инвестиционные затраты (на ежегодные осмотры установок, их техническое обслуживание и замену изношенных элементов или батарей.);

- риск застоя или протечки солнечных коллекторов при недостаточном приеме тепла водой.

При текущих недостатках солнечных батарей и коллекторов, они могут использоваться только как вспомогательные источники энергии. Дополнять их рекомендуется ветрогенератором (в холодный период он будет работать более эффективно, нежели солнечные элементы) и генераторами.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кобелев Н.С., Минко В.А., Кобелев В.Н., Семиненко А.С., Гунько И.В., Токарева А.В, Тарасов Д.М. Энергосберегающее решение в биосферных системах отапливаемых жилых и общественных зданиях

// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №2. С. 62-65.

2. MET. Текущие выбросы углерода в европейском союзе [Электронный ресурс]- URL: <https://group.met.com/en/media/energy-insight/current-carbon-emissions> (дата обращения: 29.04.2023)

3. Spacegid. Энергия нашего Солнца [Электронный ресурс]- URL: <https://spacegid.com/energiya-nashego-solntsa.html> (дата обращения: 29.04.2023)

4. al-energy. Солнечные батареи: сфера применения и принцип работы оборудования [Электронный ресурс]- URL: <https://al-energy.ru/blog/post/solnechnye-batarei-sfera-primeneniya-i-princip-raboty-oborudovaniya> (дата обращения: 30.04.2023)

5. Кретьева В.С., Метелкин В.А. Солнечные панели. Обзор и сравнение характеристик // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: эл. сборник докладов [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ, 2022. – Ч.3. -96с.

#### УДК 697.3

*Бараненко Д.Ю., Нежурич В.В.*

*Научный руководитель: Сулов Д.Ю., д-р техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### ПРИМЕНЕНИЕ СМАРТ СЧЁТЧИКОВ В ГАЗОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В нашей стране и в большинстве стран Европы основным топливом является природный газ. Основную часть природного газа составляет метан, в состав также входят более тяжелые углеводороды – этан, пропан, бутан, и неуглеводородные элементы – водород, азот, гелий и другие инертные газы. Природный газ – самый востребованный горючий газ в мировом хозяйстве. Прежде чем природный газ попадет к потребителям, его очищают, оставляя только метан – газ, не имеющий цвета и запаха. Дабы избежать опасных утечек к природному газу добавляется специальный одорант, обладающий резким запахом, который позволяет обнаруживать утечки природного газа без специальных приборов.

Природный газ – это одно из самых высокоэффективных видов топлива. Теплотворная способность 1 м<sup>3</sup> природного газа составляет

приблизительно 35 600 кДж. По мимо этого после сгорания выделяются только лишь диоксид углерода и пары воды. Голубое топливо намного более экологично, чем продукты переработки нефти. Именно поэтому природный газ повсеместно используется в промышленности, что позволяет избежать загрязнения атмосферы диоксидом углерода и другими выбросами. Природный газ востребован в генерации электроэнергии, теплоснабжении, отоплении частных домов, приготовлении пищи и нагреве воды [1].

Процесс учёта расхода газа является ключевой составляющей в системе газопотребления. Для учета количества газа применяются всем нам привычные счётчики. Но из-за человеческого фактора могут случаться ошибки в снятии показаний расхода. Решение данных проблем возможно за счет применения интеллектуальных систем учета газа. В отличие от обычных счетчиков, они автоматически передают зафиксированные показания раз в месяц. Абоненту нет необходимости вручную снимать данные и сообщать их поставщику газа. В памяти «умного» счетчика сохраняется история расхода газа, что позволяет посмотреть и сверить данные за любой день и час. Есть возможность посмотреть и проанализировать средний расход газа за день или месяц и спрогнозировать газопотребление на год. Воспользовавшись функцией управления потреблением газа, можно задать максимальный (или минимальный) объем расхода на любой промежуток времени – хоть на сутки, хоть на год. Таким образом, можно контролировать и экономить расход газа и планировать свой бюджет [2].

Безусловным преимуществом «умных» приборов является их способность подавать сигнал о том, что газовое оборудование вышло из строя. Если контролируемые параметры — объем, давление, температура газа — отклонятся от нормы, счетчик оперативно переключится в аварийный режим и прекратит подачу топлива с помощью клапанов-отсекателей. Кроме того, некоторые модели интеллектуальных систем учета автоматически передают информацию о сбоях в газоснабжении на сервер поставщика. Это важно для принятия оперативных решений и повышения вашей безопасности. «Умный» счетчик позволяет владельцу контролировать работу газового оборудования дистанционно с помощью специального мобильного приложения, а также обладает системой самодиагностики, благодаря которой может определять собственную поломку и сообщать об этом поставщику газа [3].

Принцип действия счетчиков газа микротермальных СМТ-Смарт основан на нагреве потока измеряемой среды в области, непосредственно примыкающей к преобразователям температуры,

расположенным до и после нагревательного элемента. При этом массовый расход пропорционален количеству тепла, обеспечивающему постоянную разность температур потока газа до и после нагревателя. Расчет объемного расхода осуществляется с помощью специальной корректирующей функции – К-фактора, вычисление которого производится микроконтроллером модуля.

Алгоритм вычисления К-фактора представляет собой аналитическую модель, основанную на тепловых свойствах газов, которая позволяет определить значения параметров измеряемого газа - плотность, теплоемкость и теплопроводность, через аналогичные параметры опорного газа, в качестве которого используется воздух [4].

Счетчики газа микротермальные СМТ-Смарт состоят из измерителя расхода газа микротермального и электронного отсчетного устройства, объединенных в единую конструкцию (рис. 1). В состав электронного отсчетного устройства входят плата микроконтроллера, с установленным на ней цифровым индикаторным табло, оптический канал передачи данных и две литиевые батареи для питания электронного блока. В состав измерителя расхода газа входят преобразователи температуры нагревательный элемент, микроконтроллер модуля и корпус [5].

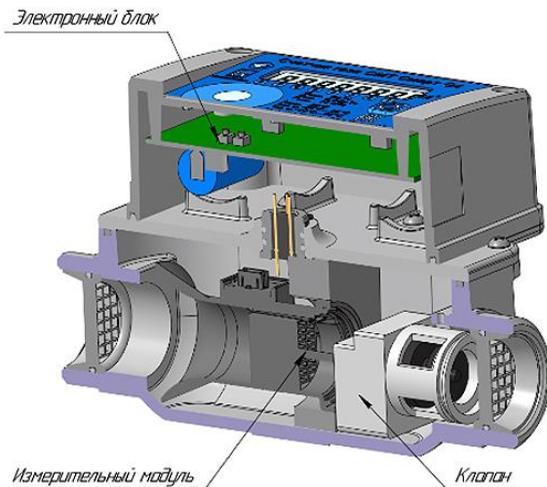


Рис. 1 Продольный разрез микротермального счётчика

Встроенное программное обеспечение имеет программную и физическую защиту от непреднамеренных и преднамеренных

изменений. Команды и данные, введенные через интерфейс пользователя (клавиатура) или через интерфейс связи, не оказывают влияния на метрологически значимую часть программного обеспечения. Доступ к настройке параметров счетчика, влияющих на метрологические характеристики, возможен только при открытом «калибровочном замке». «Калибровочный замок» - кнопка на электронной плате счетчика, доступ к которой возможен только при нарушении пломбы поверителя. Открытие и закрытие «калибровочного замка» фиксируется записью в архиве счетчика. После изменения значений, относящихся к калибровочным настройкам, калибровочный замок закрывается нажатием кнопки или автоматически через 2 часа. Изменение значений фиксируется в архиве [6].

Таким образом, следует полагать, что возможность использования интеллектуальных систем учёта газа в качестве неотъемлемого структурного элемента газопотребления для измерения, передачи и обработки данных о характеристиках топлива повысит безопасность потребления и позволит своевременно и рационально формировать режим работы газоиспользующего оборудования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерные системы ИЛАРТ: сайт. – URL: <https://www.ilart.ru/catalog/gas/izmeritelnye-kompleksy/kompleksy-uchyeta-gaza-smt-kompleks-proizvodstva-tekhnomer/schetchik-gaza-s-zapornym-klapanom-smt-smart-k/> (дата обращения: 12.02.2023). – Текст: электронный.
2. Газпром: сайт. – URL: <https://www.gazprommap.ru/articles/smart-meter-savings/> (дата обращения: 12.02.2023). – Текст: электронный.
3. ГОСТ Р 52931-2008 Приборы контроля и регулирования технологических процессов.
4. ТМР.407282.001ТУ. Счетчики газа микротермальные СМТ-Смарт. Технические условия.
5. МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ : ГОСТ 14202-69: Дата введения 1971-01-01 Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 7 февраля 1969 г. N 168 срок введения установлен с 01.01.71 – Текст: непосредственный.
6. Суслов Д.Ю. Газоснабжение: учебное пособие / Суслов Д.Ю., Подпороинов Б.Ф., Кушев Л.А. Белгород. Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. — 265 с.

*Бескровная Н.С., Каримова А.Э.*

*Научный руководитель: Крюков И.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ПОТРЕБЛЕНИЯ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА

Сжиженный углеводородный газ (СУГ) является важным источником энергии для различных отраслей промышленности, транспорта и бытового использования. Однако, его потребление требует тщательного контроля и учета для обеспечения безопасности, экономии и оптимизации процессов.

Сжиженный углеводородный газ – это смесь углеводородов, состоящая из сжиженных газов, находящихся под давлением и с температурой кипения от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$ . СУГ является одним из наиболее востребованных видов альтернативного топлива.

На протяжении последних нескольких лет в России зафиксирован как спад, так и подъем производства сжиженных пропана и бутана. В 2022 году в РФ было произведено 16 239,8 тыс. тонн сжиженных пропана и бутана, что на 3,3% больше объема производства предыдущего года. Лидером производства сжиженных пропана и бутана в (тыс. тонн) от общего произведенного объема за 2022 год стал Уральский федеральный округ с долей около 57,3%. [4]

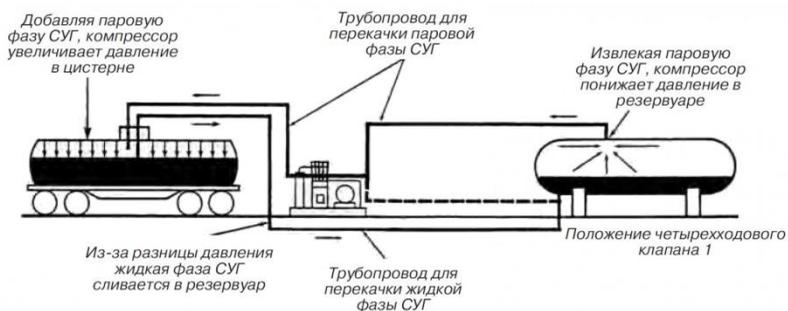


Рис. 1 Принципиальная схема применения компрессоров для перевалки сжиженных углеводородных газов (СУГ)

Измерение количества сжиженных углеводородных газов имеет существенные отличия от измерения нефтепродуктов. Во многом это

обусловлено физико-химическими свойствами сжиженного углеводородного газа. Нестабильное агрегатное состояние, высокое давление, высокий коэффициент теплового расширения, широкий диапазон изменения плотности, зависящий от температуры и состава, отсутствие смазывающей способности, низкая вязкость – все эти факторы должны постоянно учитываться при выборе оборудования для учета.

Система контроля СУГ состоит из нескольких компонентов, включая датчики уровня, датчики температуры, регуляторы давления и механизмы автоматической остановки. Датчики уровня измеряют уровень СУГ в резервуаре и передают информацию на пульт управления. Датчики температуры измеряют температуру СУГ и обеспечивают контроль за температурными режимами. Регуляторы давления контролируют давление в системе, чтобы предотвратить возможные аварии и повреждения оборудования. Механизмы автоматической остановки активируются в случае нештатных ситуаций, таких как переполнение резервуара или превышение максимально допустимого давления.

На Рисунке 2 представлена зависимость давления пара сжиженного углеводородного газа от его состава при различных температурах, созданная на основе данных, приведенных в [1].

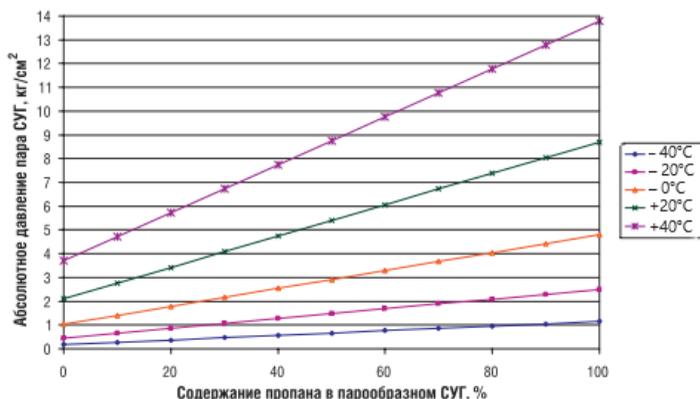


Рис. 2 Зависимость давления пара сжиженного углеводородного газа от его состава при различных температурах

При расчете массы пара сжиженного углеводородного газа по значению давления будут получаться большие погрешности, так как плотности пропана и бутана различны.

Как видно из графиков, изображенных на Рисунке 3, при содержании пропана в жидком сжиженном углеводородном газе составляет 10%, содержание пропана в паре сжиженном углеводородном газе равно 30-40%, а при содержании пропана в жидком сжиженном углеводородном газе будет 30%, содержание пропана в паре сжиженном углеводородном газе составит 60-75%.

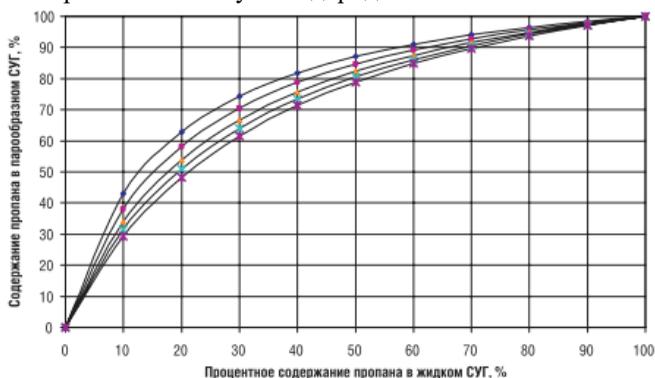


Рис. 3 Зависимость состава пара СУГ от состава жидкого СУГ при различных температурах

Система учета сжиженного углеводородного газа состоит из механизмов, позволяющих определить количество СУГ, потребляемого в определенный период времени. В частности, это могут быть устройства для измерения расхода газа, счетчики и системы мониторинга расхода топлива. Измерения производятся на всех этапах потребления СУГ, начиная от резервуаров и заканчивая потребителями. Эти данные передаются на центральный сервер, который обеспечивает обработку и анализ информации.

Методики выполнения измерений позволяют для каждого объекта выбрать такой способ измерения массы сжиженного углеводородного газа, который обладает наименьшей погрешностью в выбранных условиях проведения измерений.

Для точного определения количества сжиженного углеводородного газа в резервуаре необходимо учитывать следующие особенности:

1. Объем жидкой фазы сжиженного углеводородного газа сильно зависит от параметров температуры и давления, состава (процентного содержания пропана и бутана);
2. Сжиженный углеводородный газ в резервуаре является замкнутой двухфазной системой «жидкость – пар»;

3. Для Сжиженного углеводородного газа свойственно характерное образование кристаллогидратов на элементах конструкции внутри резервуара;

4. Граница раздела паровой и жидкостной фаз выражено неточно;

5. При сливе-наливе недопустимо пренебрежение паровой фазой сжиженного углеводородного газа.

Система контроля и учета потребления СУГ имеет множество преимуществ. Во-первых, она обеспечивает безопасность при работе с этим видом топлива, контролируя его уровень, температуру и давление. Во-вторых, она позволяет оптимизировать процессы потребления и экономить ресурсы, так как данные об использовании газа могут быть использованы для анализа и оптимизации процессов. Наконец, система контроля и учета СУГ позволяет сократить потери топлива и уменьшить негативное влияние на окружающую среду, так как измерения позволяют определить и устранить утечки газа.

Одним из важных аспектов системы контроля и учета СУГ является обучение персонала, который будет работать с ней. Работники должны знать, как использовать различное оборудование, как интерпретировать данные и как реагировать на различные ситуации. Также необходимо проводить регулярное обслуживание и проверку оборудования, чтобы гарантировать его правильную работу.

Важно отметить, что система контроля и учета СУГ может различаться в зависимости от отрасли применения. Например, системы контроля и учета СУГ для промышленных целей могут отличаться от систем для бытового использования. Кроме того, системы для транспорта и стационарных установок также могут различаться.

В заключение, система контроля и учета потребления СУГ является важным элементом для безопасной и эффективной работы с этим видом топлива. Она позволяет контролировать уровень, температуру и давление газа, оптимизировать процессы использования, уменьшить потери и негативное влияние на окружающую среду. Правильное обучение персонала и регулярное обслуживание оборудования также являются важными аспектами работы с системой контроля и учета СУГ.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Преображенский Н.И. Сжиженные углеводородные газы / Преображенский Н.И. – Л.: изд-во «Недра», 1975. – 279 с. – Текст: непосредственный.

2. Рачевский, Б.С. Сжиженные углеводородные газы / Б. С. Рачевский. – Москва: Нефть и газ, 2009.– 639 с. – Текст : непосредственный.

3. Интенсификация процесса сжигания природного газа в системах газоснабжения ЖКХ / Кушев Л.А., Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С., Швыдкая М.А. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. [электронная версия]. – 2017. – № 11. – С. 95-99. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30634809> (дата обращения 11.04.2023) – Режим доступа: свободный

4. Современные технологии передачи данных в системах автоматизированного управления и учета СУГ / В.И. Терешин, А.С. Совлуков, К.С. Лоос. // Транспорт на альтернативном топливе. [электронная версия]. – 2010. – №1 – С. 36-41 – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?ysclid=lg29co8bysc212074823&id=13019747> (дата обращения 04.04.2023)

5. Рынок сжиженных углеводородных газов (СУГ) в России. Текущая ситуация и прогноз 2023-2027 гг: [Маркетинговые исследования рынка товаров]. – 2023 – URL: <https://alto-group.ru/otchet/rossija/327-rynok-szhizhennyx-uglevodorodnyx-gazov-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2014-2018-gg.html> ( дата обращения 11.04.2023) – Режим доступа: свободный

**УДК 697.328**

*Гайдаш Д.С., Шумаков М.В., Товмач Д.Д.*

*Научный руководитель: Елистратова Ю.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ**

Разработка и активное применение технологий информационного моделирования в сфере строительства и эксплуатации зданий и сооружений является основой стратегического развития всей строительной отрасли и экономики РФ в настоящее время.

В работе [1] достаточно детально определены проблемы и перспективы внедрения технологий информационного моделирования в строительстве на уровне сравнения технико-экономического потенциала нашей страны по отношению к государствам, имеющим

передовые показатели в развитии данных технологий. Стоит отметить, что тенденция цифровизации и внедрения цифровых технологий в нашей стране всё больше и больше приобретает стремительный характер становления «умного» общества и «умных» городов [2,3], при этом комплекс инженерных систем и коммуникаций не является исключением. Инструментом стимулирования подобного рода деятельности выступают законодательные меры [4,5]. Согласно сравнительному анализу уровня применения BIM-технологий в РФ [1] сделан вывод о том, что тенденции распространения BIM хоть и не обладают молниеносным характером, но так или иначе получают распространение в нашей стране.

Поддержка государством является неоспоримо высокоэффективным методом внедрения BIM в сфере инженерной инфраструктуры, однако немаловажной составляющей данного процесса является внутренний потенциал [6]. Известно, что выбор конкретных тактик, приемов и мероприятий по усилению заинтересованности пользователей BIM-технологий зависит от множества факторов и обстоятельств [7].

С целью определения перспектив внедрения BIM-моделирования в области проектирования систем инженерных коммуникаций произведем анализ преимуществ и существующих препятствий в использовании данного ресурса.

В качестве программного продукта принимаем систему автоматизированного проектирования Revit от компании Autodesk. На рисунках 1-2 представлены спроектированные элементы инженерных систем (узел выпуска фановой трубы через вентиляционную шахту) систем с помощью указанного программного продукта.

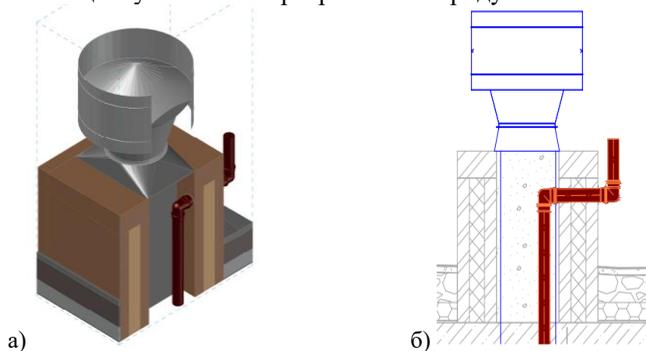


Рис. 1 Типовой узел выпуска фановой трубы на кровле: а) 3D-визуализация; б) вариант перехода от 3-х мерного представление в чертежный вид

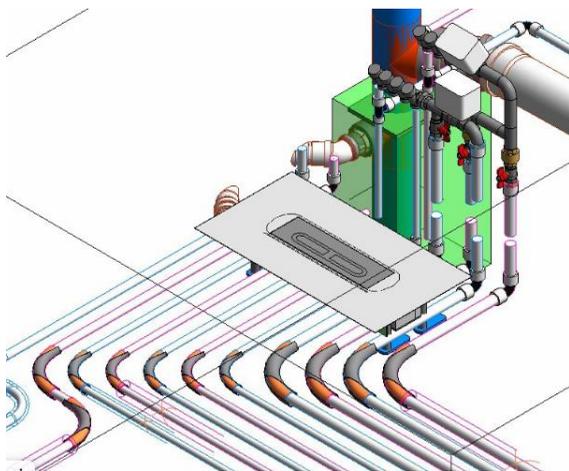


Рис. 2 Элемент объемной визуализации системы «теплый пол»

При разработке инженерных систем, элементы которых представлены на рисунках 1-2, был сформирован краткий анализ привлекаемого функционала и информационных ресурсов программного комплекса Revit:

1. BIM-модель упрощает проверку по выявлению ошибок между системами.
2. Возможность просмотра 3D вида и объекта изнутри.
3. Функция проверки на пересечения с другими системами.
4. Возможность автоматической маркировки системы, а также скрытие второстепенных объектов.
5. Присвоение наименования системы или элемента с функцией индивидуального применения фильтров.
6. Детальная проработка каждого элемента, не нужно тратить время для прорисовки, стоит просто запросить или же найти семейство в открытом доступе.
7. Подгрузка связанного файла или же подложки.
8. Есть возможность совместной работы с другими разработчиками проекта, что подразумевает также возможность пользования рабочими наборами других пользователей.
10. Функция копирования/мониторинга, которая позволяет скопировать из связанного файла требуемые элементы (ось, стена и т.д.).

Стоит отметить проблемы по внедрению BIM – технологий в проектировании инженерных систем:

1. Необходимо повышать квалификацию специалистов для работы в специальных программных комплексах.

2. BIM моделирование достаточно сложный процесс работы, и координирования. Поэтому стоит отметить, что квалифицированные специалисты уже закрепились за «топовыми» компаниями. Новые же специалисты в силу малого опыта, не могут должным образом подсказать или скоординировать исполнителя.

3. Взаимодействие между разделами. Обоснование: для того, чтобы процесс был ускоренным и результативным, внедряют BIM. Но не все разделы готовы, работать в Revit, т.к. этот процесс достаточно сложный, и требует конкретной проработки каждого из разделов проектирования. Проблема взаимодействия заключается в том, чтобы работать в команде, а не быть индивидуальным пользователем в стороннем софте, т.к. достаточно тяжело собрать всё в кучу, чтобы выдать действительно качественный продукт.

4. Умение правильно настроить шаблон BIM модели. Обоснование: на просторах интернета существуют шаблоны, которые достаточно хорошо проработаны специалистами. В шаблонах, которые предлагают разработчики, таких продуктов, уже есть определенная база, которая требуется для выполнения задания исполнителем. Но для того, чтобы добавить в этот шаблон, то чего не хватает для продуктивной работы, требуются определенные знания, и навыки работы в программе Revit.

5. Правильная выдача задания разделам в BIM модели, отказ от использования стороннего софта.

Инженерные системы в преобладающем большинстве случаев являются неотъемлемой частью строительного объекта. Не смотря на существующие недостатки и недоработки в области внедрения BIM-технологий в сферу строительной отрасли, информационное моделирование всё больше и больше приобретает свойство устойчивости и стратегической важности в развитии народного хозяйства нашей страны.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Уткина В.Н. Проблемы и перспективы внедрения технологии информационного моделирования в области строительства в России: проблемы и перспективы внедрения / В.Н. Уткина, С.Ю. Грязнов Д.Ф. Бабушкина // Основы ЭУП №1.-2019. - С. 57-60.

2. Соловьев, В.И. Цифровая трансформация систем теплоснабжения муниципального образования [Электронный ресурс] //

Информационные и математические технологии в науке и управлении. - 2019. - №2. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-sistem-teplosnabzheniya-munitsipalnogo-obrazovaniya> (дата обращения: 15.10.2022).

3. Ефремова Н.А. Особенности цифровизации российских предприятий в современных условиях / Н.А. Ефремова, Г.В. Игнатова. // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета № 3. - 2018. - С. 20-22.

4. Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы».

5. Распоряжение Правительства РФ №1632-р от 28.07.2017. Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/71734878>

6. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.

7. Елистратова Ю. В., Елистратов Д. В., Гайдаш Д. С. Перспективы информационного моделирования при проектировании инженерных систем // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе. Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов. В 2-х томах. Том I. Отв. редактор А.Н. Халин . Тюмень, 2022. – 26-29.

**УДК 621.039.7**

**Дюндина В.П.**

**Научный руководитель: Хамидулина М.С., асс.**

*Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

## **ВОПРОС ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЗДАНИЙ**

Одним из основных направлений энергосбережения в системе теплоснабжения и горячего водоснабжения жилых многоквартирных зданий является оптимизация этих систем через установку современного оборудования, а также внедрение технологий, позволяющих снизить потребление тепла и горячей воды. Закон

№261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности ...» дал значительный импульс для развития и внедрения энергосберегающих мероприятий. [1]

Для снижения потребления тепла и горячей воды в жилых многоквартирных зданиях можно внедрять следующие технологии и мероприятия:

- установка (замена) оконных и балконных блоков на энергоэффективные, остекление лоджий и балконов. Использование оконных блоков, стеклопакетов и дверей с плотной уплотнительной системой позволит сохранять тепло внутри здания.

- утепление наружных и ограждающих конструкции зданий. Утепление позволяет сохранять тепло внутри здания в зимнее время, что уменьшит расходы на отопление, снизит затраты на кондиционирование воздуха в летнее время.

- утепление кровель, крыш, чердаков. Утепление кровель, крыш, чердаков позволяет избежать энергопотерь и снизить расходы на отопление.

- теплоизоляция трубопроводов в подвалах, на чердаках и в местах общего пользования. Тепловая изоляция сокращает потери тепла, исключает замерзание теплоносителя в трубопроводах. На сегодняшний день существует множество различных теплоизоляционных материалов для трубопроводов, такие как минеральная вата, пенополиуретан, вспененный полиэтилен и каучук, пеностекло и тд.

- установка устройств для гидравлического балансирования тепловых сетей и регулирования теплового режима в каждой квартире. Установка терморегулирующих клапанов на отопительных приборах позволяет повысить температурный комфорт в помещениях и экономить тепловую энергию в системе отопления.

- установка индивидуальных тепловых точек. Подразумевает установку небольшого отдельного котла в каждой квартире вместо центральной системы, которая передает тепло через трубопроводы, что позволит снизить потери тепла на длинных трубопроводах и регулировать температуру в каждой квартире по отдельности.

- введение системы контроля и управления потреблением тепла. Установка системы управления теплоснабжением, такой как высокотехнологичное оборудование и система управления отоплением, применение современных технологий мониторинга и анализа данных, может помочь снизить потребление тепла и горячей воды за счет оптимизации работы системы.

- установка системы рекуперации тепла. С помощью системы рекуперации тепла можно использовать тепло, которое обычно не используется при вентиляции помещений, для подогрева воздуха.

- установка коллективного (общедомового) прибора учета тепловой энергии (УУТЭ) и горячей воды. Предназначены для учета тепловой энергии, горячей воды потребляемой в многоквартирном здании, это позволяет рационально использовать теплоноситель и снизить потребление тепла.

- установка (модернизация) индивидуального теплового пункта (ИТП). Обеспечит качество воды в системе отопления, автоматическое регулирование параметров воды в системе отопления, увеличит срок службы оборудования и трубопроводов системы отопления.

- установка (модернизация) ИТП с установкой (заменой) теплообменника ГВС и установкой аппаратуры управления. Обеспечит автоматическое регулирование параметров в системе ГВС, рациональное использование тепловой энергии, экономию потребления тепловой энергии и воды в системе ГВС, стабилизация температуры горячей воды в точке расхода.

- установка узла погодного регулирования тепловой энергии. Предназначен для обеспечения и поддержания требуемой температуры теплоносителя в подающем трубопроводе, в зависимости от температуры наружного воздуха.

Рассмотрим подробнее некоторые мероприятий по повышению энергосбережения в многоквартирных домах.

Одной из возможностей энергосбережения в системе теплоснабжения является установка ИТП, обеспечивающих отопление и горячее водоснабжение каждой квартиры отдельно. Это позволяет снизить потери тепла на транспортировку и распределение, а также управлять потреблением тепла каждой квартирой. В ИТП устанавливаются тепловой счетчик и регулирующие клапаны, которые позволяют регулировать температуру в каждой квартире. Теплосеть, от которой подаются теплоносители в ИТП, может быть как централизованной, так и децентрализованной [3].

УУТЭ являются неотъемлемой частью ИТП. Они предназначены для измерения потребления тепловой энергии каждой квартирой и определения суммарного объема потребления тепла в доме. УУТЭ состоит из счетчиков тепловой энергии, расходомеров, термометров и других элементов. Данные, полученные от УУТЭ, используются для расчета стоимости потребленной тепловой энергии каждой квартирой, это позволяет жильцам оплачивать только ту энергию, которую они

реально потребляют. Кроме того, УУТЭ позволяют выявлять утечки и другие проблемы в системе. [1]

Системы погодного регулирования тепловой энергии предназначены для автоматического регулирования температуры теплоносителя, горячей воды или температуры воздуха внутри помещений. Для погодного регулирования могут использоваться различные элементы, такие как датчики температуры и влажности, регуляторы температуры, клапаны и насосы. В целом, погодное регулирование является важным элементом ИТП, который позволяет оптимизировать потребление энергии и создать комфортные условия для проживания или работы в здании. [2]

Существуют так же методы повышения энергоэффективности многоквартирных зданий с использованием нетрадиционных источников энергии, такие как: установка первой ступени приготовления горячей воды с помощью тепловых насосов; устройство гибридной системы ГВС с аккумулированием тепла и тепловыми насосами, устройство гибридной системы ГВС с использованием солнечных коллекторов воды и тд. За счет использования вторичных источников тепловой энергии повышается экономия.

Также для энергосбережения многоквартирных домов важен контроль за техническим состоянием тепловых сетей, регулярная чистка и обслуживание теплообменников, котлов и другого оборудования системы теплоснабжения. Это позволяет уменьшить потребление топлива и экономить на ремонтах в будущем. Информирование жильцов о методах энергосбережения, а также организация обучающих семинаров и тренингов также являются важными мерами для достижения эффективности в этой области.

Таким образом, энергосбережение в системе теплоснабжения и горячего водоснабжения жилых многоквартирных зданий достигается за счет реализации выбранных энергосберегающих мероприятий и оценки достигнутых эффектов.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ (последняя редакция ред. от 28.04.2023) - [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_93978/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/) (Дата обращения: 11.05.2023)

2. Корягин М.В. Необходимость инжинирингового подхода к энергосбережению на объектах недвижимости / М.В. Корягин // 16-й Международный научно-промышленный форум "Великие реки 2014": Труды конгресса. Т.3. Н.Новгород: ННГАСУ, 2015. С. 88-91.

3. Министерство строительства и жилищно - коммунального хозяйства [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru> (Дата обращения: 11.05.2023)

**УДК 697.328**

*Елистратова Ю.В., Гайдаш Д.С., Тополев Д.П.  
Научный руководитель: Семенов А.С., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ТЕХНОЛОГИИ BIM-МОДЕЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ**

Мировое развитие экономики народного хозяйства передовых стран близится к кульминации промышленной революции (Индустрия 4.0) [1,2]. Концепция полномасштабного охвата большинства производственных процессов средствами автоматизированного управления и информационного моделирования жизненного цикла строительных объектов есть основная идея становления «умных» систем [3]. Инженерные системы и сооружения, как неотъемлемая часть любого производственного процесса, не являются исключением в плане трансформации процессов проектирования, строительства и управления при эксплуатации готового объекта [4].

BIM-моделирование (от англ. Building Information Modeling) [5] в организации строительного производства представляется в качестве связующего звена от стадии проектирования (создания цифровой модели) к созданию цифрового двойника. Согласно концепции профессора Боровкова А. И. [5], понятия «цифровая модель» и «цифровой двойник» имеют абсолютно разное значение по принципу своей функциональности.

«Цифровая модель» - это подобие реального объекта в виртуальной форме, полученное с помощью программных продуктов, а «цифровой двойник» представляет собой компьютерную модель (или цифровую модель), наделенную свойствами обмена данными или передачи данных об объекте в режиме реального времени.

Рассмотрим пример моделирования инженерных систем с помощью программного продукта Revit. На рис. 1-2 представлены фрагменты моделирования инженерных систем.

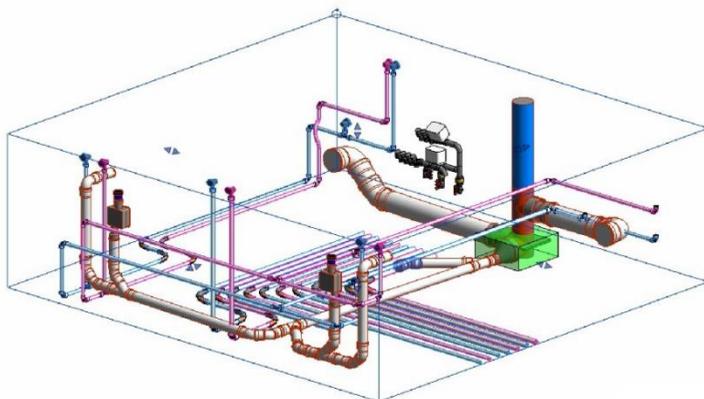


Рис. 1 Фрагмент раскладки систем водоснабжения и канализации в типовом санузле

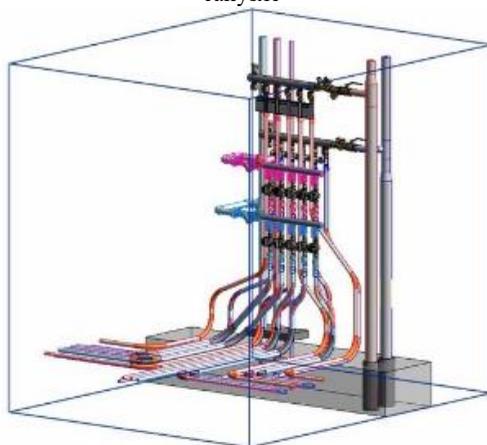


Рис. 2 Увязка коллекторных групп системы отопления и водоснабжения в пространстве ниши коридора

Результат объемного моделирования превосходит привычный способ двухмерного проектирования не только со стороны зрительного восприятия, но и с учетом возможности сопряжения со всеми структурными элементами строящегося объекта в формате BIM-модели здания.

Факт неоспоримого совершенствования в области проектирования инженерных систем и сооружений формирует понимание и предпосылки по решению задач энергосбережения в области теплоэнергетики. Топливо-энергетический комплекс нашей страны безусловно нуждается в модернизации и применения функций цифровизации с целью энергосбережения и повышения качества предоставляемых услуг. Следовательно, необходимо сделать вывод о том, что создание «цифрового двойника» инженерной системы требует полноценного создания (безошибочно отражающего все элементы реального объекта) BIM-модели.

Активное внедрение BIM-моделей инженерных систем характеризуется неоспоримым удобством ведения проектных работ. Однако, современный этап освоения bim-моделирования не достиг своего максимального внедрения в проектной деятельности. В качестве значимого примера уделяется внимание разноточению стандартизации (в том числе международной) информационного моделирования (BIM) в применении к промышленным проектам. Разработку и применение открытых BIM-стандартов следует сопоставить с прогрессивной практикой, результат которой формирует потенциал развития процессов информационного моделирования.

*Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для ведущей научной школы НШ-25.2022.4*

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Уткина В.Н. Проблемы и перспективы внедрения технологии информационного моделирования в области строительства в России: проблемы и перспективы внедрения / В.Н. Уткина, С.Ю. Грязнов Д.Ф. Бабушкина // Основы ЭУП №1.-2019. - С. 57-60.

2. Соловьев, В.И. Цифровая трансформация систем теплоснабжения муниципального образования [Электронный ресурс] // Информационные и математические технологии в науке и управлении. - 2019. - №2. - Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-sistem-teplosnabzheniya-munitsipalnogo-obrazovaniya> (дата обращения: 15.10.2022).

3. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.

4. Елистратова Ю. В., Елистратов Д. В., Гайдаш Д. С. Перспективы информационного моделирования при проектировании инженерных систем // Энергосбережение и инновационные технологии

в топливно-энергетическом комплексе. Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов. В 2-х томах. Том I. Отв. редактор А.Н. Халин . Тюмень, 2022. – 26-29.

5. Боровков А.И. Цифровые двойники в условиях четвертой промышленной революции // [Электронный ресурс] «Connect WIT» – 2021.- № 01-02. – Режим доступа: [https://www.connect-wit.ru/izdaniya-connect.html#flipbook-df\\_59223/52/](https://www.connect-wit.ru/izdaniya-connect.html#flipbook-df_59223/52/)

**УДК 643.01**

**Завалей М.В.**

*Научный руководитель: Козлюк А.Г., канд. экон. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАМКАХ ОТДЕЛЬНОЙ КВАРТИРЫ И ОБЩЕДОМОВОГО ИМУЩЕСТВА МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА**

В нашей стране хорошо известны пути сокращения потери энергоресурсов в жилых домах и обеспечения комфортной жизнедеятельности. В России также отлично знают о вариантах уменьшения затрат на содержание помещений, в эффективности которых не приходится сомневаться [1].

Применять энергосберегающие технологии в МКД – вполне осуществимое и разумное решение. Прежде чем внедрить энергосберегающие технологии в МКД, необходимо получить данные о распределении тепла в доме. Для расчетов потребуются силы и время. Нередко добиться достаточной информации удастся за длительный срок, однако без этого принятие мер по реновации МКД невозможно.

Энергосберегающие технологии в МКД призваны повышать качество жизни людей. На государственном уровне уже разработаны и активно внедряются соответствующие функции по регулированию ситуации. В данный момент правительство постоянно контролирует энергосбережение в отрасли ЖКХ, а также совершенствует законодательные и нормативно-правовые акты, созданные с целью решить проблемы в нашей стране по энергосбережению и минимизации потерь и расходов.

Создание и реализация программ ресурсосбережения:

- демонстрирует профессиональный уровень УО, то, как компания может действовать, руководствуясь интересами владельцев квартир, рационально распределять их средства; если управляющая организация работает грамотно, то всегда будет опережать конкурентов;

- расширяет список услуг и работ, которые управляющая компания оказывает и проводит для владельцев жилья в МКД в соответствии с договором управления, то есть повышает объем заказа, следовательно, увеличивает заработок УО;

- приносит доход при вложении личных средств УО в энергосберегающие технологии в МКД и способствует внедрению инновационных решений на основании договора с владельцами квартир. Например: установка коллективных приборов учета с автоматической передачей показателей и данных на единый сервер.

- проводит отдельные операции на средства, которые учитываются при установке регулируемых тарифов на ее товары и услуги, а также на средства владельцев жилых помещений в многоквартирном доме, в соответствии с договором на управление МКД [1,2].

Грамотная работа и высокий уровень профессионализма управляющих компаний содействуют успешному решению задач по повышению энергоэффективности многоквартирного жилищного фонда, что в данный момент очень актуально в России. В свою очередь УО обязана ежегодно разрабатывать предложения о мероприятиях по энергосбережению и повышению энергетической эффективности на следующий год [3,4].

Энергосберегающие технологии в МКД довольно разнообразны. Как правило, ответственные лица отдают предпочтение следующим мероприятиям по энергосбережению, которые актуальны на сегодняшний день:

*1. Установка счетчиков потребления тепла, воды, газа, тепло- и электроэнергии.* Существенная часть сэкономленных тепловых ресурсов (15 %) приходится на организацию точного учета потребления. Благодаря учету потребления общего расхода энергетического ресурса в МКД можно отслеживать перерасход энергии. Большая часть зданий обладает тепловыми характеристиками, которые (при сравнении с показателями счетчиков) могут свидетельствовать о необходимости проведения мероприятий по энергосбережению. Также, конструкция большей части квартир в МКД одинакова. Пользуясь методом аналога и владея информацией об ориентировочном количестве жителей той или иной квартиры, можно узнать о подаче ложных сведений или об индивидуальном потреблении.

Существенную экономию ресурсов и денежных средств можно наглядно увидеть на двух примерах с МКД в г. Белгороде:

1. Так на примере одного собственника помещения, проживающего в МКД ул. 60 лет Октября г. Белгород, который проявил инициативу в установке в своей квартире теплового счетчика, можно наглядно увидеть, что экономия ресурсов и денежных средств составляет порядка 1,5-2 раза (рис.1). ИПУ был установлен в начале отопительного сезона 2021 – 2022 г. Для наглядности на графике представлены три отопительных сезона: 2020-2021гг. - до установки ИПУ, 2021-2022 гг. – установлен ИПУ, период наладки температурного режима, 2022-2023гг. – потребление тепловой энергии по показаниям ИПУ. На графике можно увидеть значительные отличия показателей потребления тепловой энергии (Гкал) до установки ИПУ и после. Но данное мероприятие целесообразно только в том случае, если в МКД установлен коллективный прибор учета тепла для более точного расчета.

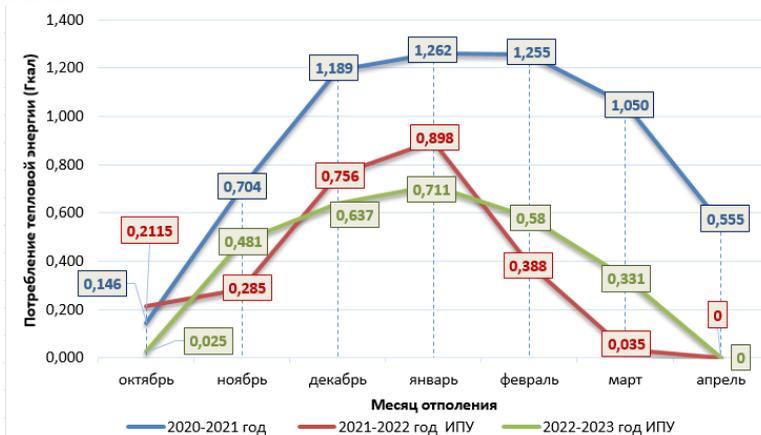


Рис. 1 График зависимости показаний потребления тепловой энергии от отопительного сезона в отдельной квартире до установки ИПУ и после

2. На примере двух МКД, расположенных в г. Белгород, имеющих одинаковые технические характеристики, но различающиеся тем, что в одном МКД (ул. Некрасова) во всех помещениях установлены прибор учета тепла, т.е. осуществляется поквартирный учет, а в другом (ул. 60 лет Октября, – отсутствуют, можно наглядно увидеть, что экономия ресурсов и денежных средств превышает в 3 раза (рис.2).



Рис. 2 График зависимости показаний потребления тепловой энергии от отопительного сезона МКД с ОДПУ и без

## 2. Введение системы авторегулирования температуры индивидуальных отопительных систем и общедомовых систем; оптимизация ИТП (индивидуальных тепловых пунктов)

Такие энергосберегающие технологии в МКД применяют достаточно часто. После того как выяснены причины нерациональных расходов ресурсов, внедряют систему, автоматизирующую процессы регулирования затрат ресурсов на вводе в многоквартирный дом из магистральной сети. Чтобы исключить человеческий фактор и невнимательность специалистов, обслуживающих МКД, можно внедрить погодозависимую автоматику тепловых пунктов. Комплекс приборов реагирует, когда меняются внешние факторы, и тут же адаптируется к ним.

Нужно, чтобы каждый собственник и арендатор жилого помещения понимал, что энергосберегающие технологии в МКД и различные мероприятия, связанные с этим, полезны и необходимы. Но возникает сложность в понимании собственниками серьезности данного вопроса, ведь основные затраты на внедрение подобных систем связаны с прямыми затратами самих жильцов. Лишь при покупке квартиры в новостроящихся МКД можно избежать данных затрат в период эксплуатации, так как при приобретении жилья, расходы уже заложены в стоимость 1 квадратного метра.

Со стороны управляющей организации можно развешивать информационные объявления и другие наглядные материалы для владельцев квартир в МКД на информационных досках в местах общего пользования. При их виде в сознании граждан постепенно отложится идея о необходимости расходовать воду и электрическую энергию грамотно, тем самым уменьшая значения в графах ЕПД [2,4].

Но стоит отметить, что прежде чем принять решение о выборе в пользу того или иного рекомендуемого мероприятия, необходимо рассчитать все расходы, сравнить их с текущими затратами и вычислить, когда окупятся вложения. Рациональными можно считать те мероприятия, которые возмещаются в течение не более 3-5 лет. Помимо этого, следует учитывать, что польза от проведения ряда процедур зависит от того, насколько качественно были реализованы предшествующие программы. В связи с этим, чтобы оценить расходы и сроки их окупаемости по оптимизации ресурсосбережения, нужно рассматривать все в комплексе с ранее проводимыми операциями.

Оценивать эффективность от проведения каких-либо мероприятий владельцы помещений могут самостоятельно (если, к примеру, среди них есть специалисты в данной отрасли). Однако лучше все же воспользоваться услугами профессионалов, работающих в специализированной организации. Сама же управляющая организация, реализуя ряд энергоэффективных и автоматизированных технологий, способна достигнуть положительных экономических эффектов [4].

Расчет экономического эффекта от снижения коммунальных платежей Анализ регионального рынка позволил сделать вывод о реальной экономии средств, благодаря внедрению подобной системы. Так, используя установку датчиков уровня освещенности можно значительно экономить на затратах на электрическую энергию. Экономия происходит благодаря диммированию света (днем уровень освещенности требуется 50% от полного номинала благодаря естественному освещению, утром — 75%, ночью — 100%) и составляет 25 %. Таким же образом происходит экономия средств на оплату за теплоснабжение, водоснабжение, водоотведение и содержание многоквартирного жилого дома. Установка термосчетчиков и терморегуляторов позволяет уменьшить расходы на теплоснабжении до 35%. Датчик присутствия в системе охранной сигнализации позволяет определить наличие или отсутствие людей в квартире и соответственно результату установить температуру помещения (снижение температуры на 4 °С в период отсутствия людей). Экономия средств, благодаря данной функции, составляет 15%. Установка счетчиков на холодную и горячую воду и система контроля протечек воды позволяет экономить на затратах на водоснабжение и водоотведение 35 %.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Шарапов О.Н. Новации инженерных систем зданий / О.Н. Шарапов, А.Г. Козлюк // В сборнике: Энергосбережение и экология в

жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов. – 2012. – С.171-179.

2. Завалей М.В. Автоматизация и диспетчеризация систем контроля и учета ресурсов жкх в многоквартирном доме / М.В. Завалей, А.Г. Козлюк // В сборнике: Образование. Наука. Производство. XIII Международный молодежный форум. Белгород. – 2021. – С. 531-536.

3. Акаткин Ю. М. Кристальный Б.В. Развитие информационного общества в России и услуги жилищно-коммунального сектора / Ю.М. Акаткин, В.А. Коняевский // Информационные ресурсы России. – 2012. - №6. – С.6–10.

4. Ву Т.З. Анализ систем автоматизированного управления умным домом / Т.З. Ву // Молодой ученый. – 2011. - №4. – С.28-31.

**УДК 004.03**

**Зимовин А.А.**

*Научный руководитель: Буханов Д.Г., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ЭНЕРГОСЕРВИСНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ, МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ПОТРЕБЛЕНИЙ**

С ростом населения и развитием технологий повышается спрос на энергетические ресурсы. В современном мире, каждое предприятие, здание, дом используют энергетические ресурсы. Энергосервисные инфраструктуры – это системы, которые занимаются предоставлением услуг по энергетическому обслуживанию и управлению энергетическими ресурсами. Они включают в себя системы управления энергопотреблением, энергоаудиты, консультации по энергосбережению, ремонт и обслуживание оборудования, а также разработку и внедрение программ энергоэффективности. С увеличением потребителей ресурсов, изменением климата, экономических кризисов и других показателей, создается дополнительная нагрузка на энергосервисные инфраструктуры тем самым вынуждая разрабатывать новые методы, технологии, системы повышения эффективности, системы контроля потреблений [1]. Ручной мониторинг и управление ресурсами с темпами увеличения потреблений становится все более сложным, требуется больше времени и средств для их контроля. Разработка автоматизированных систем

контроля и управления энергетическими ресурсами позволяет отслеживать данные об оборудовании в режиме реального времени, снизить затраты времени для распределения ресурсов. Таким образом, автоматизированные системы в энергетической инфраструктуре стали неотъемлемым инструментом в процессе работы с энергетическими ресурсами [2].

Тепловая нагрузка абонентов не постоянна. Она изменяется в зависимости от метеорологических условий (температуры наружного воздуха, ветра, инсоляции), режимов работы теплопотребляющего оборудования, состояния воздушной среды в промышленных и жилых зданиях, характера разброса воды для горячего водоснабжения [3]. Для прогнозирования потреблений требуется продолжительное количество времени. Прогнозирование потреблений в энергосервисных инфраструктурах является важным механизмом для обеспечения эффективного управления энергетическими системами и оптимизации расходов на энергообеспечение. Необходимо разработать методы, которые позволят прогнозировать потребления на теплоэнергию и оптимизируют ее использование.

Прогнозирование потреблений осуществляется на основе анализа данных о прошлых потреблении в теплоэнергии, а также на основе прогнозов экономического и социального развития региона. Одной из основных задач прогнозирования потреблений является определение пиковых нагрузок. Пиковые нагрузки – это максимальное значение потребления энергии в определенный период времени. Они могут возникать в результате колебаний климатических условий, изменений в производственном процессе, увеличении числа потребителей и других факторов.

Для решения проблемы планирования, мониторинга и контроля потребления, был разработан подход прогнозирования потреблений теплоэнергии (Рис. 1).



Рис. 1 Структурная схема подхода планирования, мониторинга и контроля потреблений

В качестве данных для проведения анализа и разработки подхода прогнозирования потреблений, используется данные из «Цифровой платформы интеллектуальной информационно-аналитической системы управления энергетическими ресурсами (СУЭР)» [4]. Такими данными являются: показатели температуры, получаемые с районных метеостанций, информация о зданиях, теплотехнические характеристики и даты записи показаний приборов. Для работы был использован язык программирования Python и библиотека pandas. В таблице 1 представлен пример полученных данных:

Таблица 1 – Набор данных для построения модели

№	id_building	date	resource_type	rate	value	avg_temp
0	16716	2022-10-16	1	3.88768	0.00	2.81
1	16716	2022-11-16	1	3.15962	0.00	9.39
...						
1120810	9766	2023-03-08	1	0.26900	432.83	0.00

Строки в таблице представляют собой вектор данных об теплотехнических характеристиках зданий, даты записи показателей счетчиков, суточным потреблением и средней наружной температуры.

Каждая запись состоит из порядкового номера, идентификатора здания в системе – *id\_building*, дата и время создания записи о текущем потреблении – *date\_time*, тип ресурса – *type\_resource*, показания потреблений – *rate*, показания счетчика – *value* и средней окружающей температурой – *avg\_temp*. Общее количество записей – 1 120 810 строк. После загрузки данных, необходимо их подготовить для работы, а именно удалить повторяющиеся записи.

Удаление повторяющихся записей, уменьшило их количество до 159 014 записей. Построение матрицы корреляции позволит установить зависимость между признаками (Рис. 2).

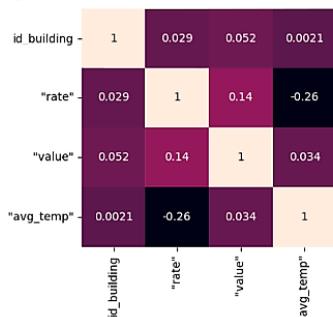


Рис. 2 Матрица корреляции признаков

В матрице наблюдается, что корреляция между признаками отсутствует так как значение корреляции близко к 0. Основываясь на предоставленных данных, можно сделать вывод, что коэффициент прогноза будет давать низкий результат. Для повышения коэффициента корреляции в новый набор данных были добавлены следующие признаки: тип здания – *type\_building*, площадь здания – *all\_square*, кол-во окон – *windows\_count*, наличие утепления фасада – *facade\_heat\_having*, кол-во этажей – *levels\_count*.

Добавление новых признаков, содержит более подробную информацию о здании. После добавления новых признаков, корреляция между ними возросла. Таким образом, увеличение коэффициента корреляции отображает связь между признаками, что позволит получить более высокий коэффициент прогноза (рис. 3).

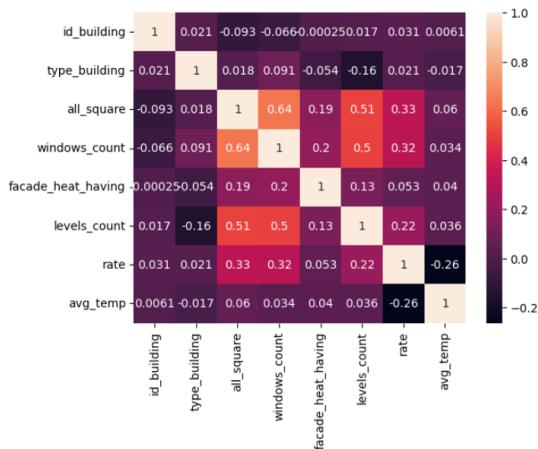


Рис. 3 Изменение корреляции между признаками после увеличения их количества

Для прогнозирования потреблений теплоснабжения, были использованы следующие алгоритмы библиотеки Scikit Learn:

- RandomForestRegression;
- LinearRegression;
- Ridge.

Данные алгоритмы были выбраны для решения задачи прогнозирования потреблений поскольку они позволяют провести качественный анализ и спрогнозировать потребления теплоэнергии [5]. Набора данных №1 с признаками: *id\_building*, *date*, *resource\_type*, *rate*,

*value*, *avg\_temp* и набор данных №2 с признаками: *id\_building*, *rate*, *avg\_temp*, *type\_building*, *all\_square*, *windows\_count*, *facade\_heat\_having*, *levels\_count* показывают, как увеличение признаков повышает коэффициент прогноза (Табл. 2).

Таблица 2 – Результаты исследования

Алгоритм	Набор данных № 1	Набора данных № 2
RandomForestRegression	0.38	0.85
LinearRegression	0.08	0.87
Ridge	0.15	0.86

Таким образом, увеличение признаков при построении модели для прогноза потребления теплоэнергии, повышает коэффициент прогноза. Использование данного алгоритма позволит экономить средства путем предотвращения избыточного использования теплоэнергии, автоматизировать прогноз, что в последствии ускорит процесс и позволит уйти от использования ручных расчетов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ТАСС: информационное агентство России: [сайт]. - Москва, 1999 - . - Обновляется в течение суток. - URL: <https://tass.ru/ekonomika/12588623> (дата обращения: 28.04.2023). - Текст: электронный.
2. Григорьев Л. М., Курдин А.А. Экономический рост и спрос на энергию // ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ВШЭ. 2013. Т. 3. С. 414–341.
3. Трубаев П.А., Губарев А.В., Гришко Б.М. Системы энергоснабжения промышленных предприятий: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, БИЭИ, 2012. – 199 с.
4. ООО «ЭНТЕРСОФТ» [Электронный ресурс] // Разработка высоконагруженных web-приложений в области энергетики, ЖКХ и промышленности 2023. URL: <https://eesoft.ru/#rec355686626> (дата обращения: 15.04.2023).
5. Инфосистемы Джет. ПО для машинного обучения на Python \_ Хабр [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/jetinfosystems/articles/415997> (дата обращения: 30.04.2023).

*Калаев В.П., Новиков М.Ю.*

*Научный руководитель: Кислякова Ю.Г., канд. пед. наук, доц.  
Ижевский государственный технический университет  
имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия*

## **ОБСЛЕДОВАНИЕ АНТЕННО-МАЧТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Антенно-мачтовые сооружения используются повсеместно для различных целей, в том числе для коммуникаций, передачи данных, транслирования телевизионных программ и многого другого. Как правило, эти сооружения находятся на высоте и охватывают большую территорию. Обследование их состояния является важным условием для поддержания надежной работы и безопасности для окружающей среды. Однако, обследование антенно-мачтовых сооружений является сложным процессом, который требует высокой квалификации специалистов и использования значительных затрат на использование кранов, канатов, строительных лесов и услуг промышленных альпинистов [1]. Это связано с тем, что данные сооружения обычно имеют большую высоту и расположены в открытой местности, что может привести к опасной работе на высоте. Кроме того, решетчатые башенные сооружения являются чувствительными к различным видам воздействий внешней среды, таким как ветер, мороз, солнечное излучение, что может привести к коррозии и деформации элементов конструкции [2].

Одним из современных способов решения данной проблемы является использование беспилотных летательных аппаратов (дронов), оборудованных специализированными камерами и датчиками. Беспилотные летательные аппараты на сегодняшний день представляют собой идеально подходящую технику для обследования высоких решетчатых конструкций, которая гарантирует отличную работу в различных погодных условиях и обеспечивает высокий уровень надежности. В этой статье мы рассмотрим преимущества и недостатки осмотра антенно-мачтовых сооружений с помощью дронов и принцип работы при обследовании таких сооружений.

Преимущества использования дронов при проведении обследований антенно-мачтовых сооружений:

1. **Безопасность.** В отличие от традиционных обследований, использование дронов сокращает риск для рабочих, которые обычно взбираются на высоту для проверки оборудования. Это уменьшает

вероятность падения, травм и других производственных рисков.

2. Эффективность. С помощью дронов можно быстро оценить состояние антенно-мачтовых сооружений на больших высотах, что позволяет оптимизировать время, затрачиваемое на их обслуживание и ремонт.

3. Качество данных. Дроны могут захватывать детальные и точные изображения и видео с большой высоты, которые могут быть использованы для более углубленного анализа и выполнения точных расчетов на несущую способность [3].

4. Доступность. Дроны могут легко использоваться в труднодоступных местах, таких как зоны ограниченного доступа или места с неровной поверхностью, которые могут быть опасными для альпинистов и обычных рабочих. Кроме того, они могут легко проникнуть внутрь АМС и осмотреть отдельные элементы, что позволяет операторам оценить состояние конструкций, определить наличие повреждений.

5. Экономия денежных средств. Использование дронов для обследования оборудования значительно снизит затраты на персонал, оборудование и транспортировку.

6. Оценка геометрии сооружения. Дроны могут совершать съемку со всех сторон АМС, измерять ее высоту и диаметр, оценивать степень изгиба металлоконструкций, а также перепады местности.

Недостатки применения БЛА:

1. Для коммерческого применения необходима регистрация, получение разрешающих документов на полет и согласование в службах безопасности, передача данных в органы на проверку. На государственном уровне уже видят пользу от дронов, а значит в ближайшем будущем проблема должна быть решена [4].

2. Чтобы управлять дроном, оператор должен обладать требуемым набором навыков. К примеру, для создания 3D-моделей конструкций и создания карт местности необходимы знания в области картографии, инженерных изысканиях, анализе и обработке данных с дрона.

3. Одним из существенных недостатков является уязвимость злоумышленникам. Хакеры могут быстро атаковать центральную систему управления.

4. неполадки и проблемы с потерей сигнала, вызываемые от антенн [4].

Принцип работы БЛА при обследовании антенно-мачтовых сооружений представлен на рисунке 1.



Рис. 1 Принцип работы БЛА при обследовании

На первом этапе полевых работ производится аэро съемка с помощью дронов, результатом которой является набор изображений, имеющих координаты точек пространства, из которых была выполнена съемка.

На следующем этапе происходит выравнивание и ортотрансформирование сделанных фотографий, следующий шаг включает построение трехмерной цифровой модели местности. Стоит отметить, что это все выполняется в автоматическом режиме. В результате получается цифровая модель из набора точек.

Далее идет обработка с помощью искусственного интеллекта. Именно на данной этапе пользователь получает такие параметры, как местоположение вышки, количество и азимуты антенн, отклонения от вертикальной оси и т.п.

Заключительным этапом является размещение всех моделей на единой ГИС платформе. Она включает в себя актуальную информацию по каждому АМС и оборудованию на ней с полным набором характеристик, фотоизображений объекта и 3D визуализацией [5].

Таким образом, несмотря на существующие минусы, из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что использование дронов для обследования антенно-мачтовых сооружений может значительно упростить процедуру инспекции, повысить качество и снизить риски для операторов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кавелин, А.С. Использование квадрокоптеров для обследования объектов / А.С. Кавелин, В.Э. Нуриев, А.Д. Тютина // Инженерный вестник Дона. – 2019. – №7 (58). – С. 1-7.

2. Статья ВАК: Моделирование и оптимизация в COMSOL Multiphysics мачт малых ветроэнергетических установок [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.c-o-k.ru/articles/modelirovanie-i-optimizaciya-v-comsol-multiphysics-macht-malyh-vetroenergeticheskikh-ustanovok> (дата обращения 06.04.2023). Текст : электронный.

3. Павлушкин, А.А. Дроны в различных профессиях и их будущее / А.А. Павлушкин, О.А. Тарасов // Форум молодых ученых. – 2020. – №1 (41). – С. 499-503.

4. 8 основных плюсов и минусов БПЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.djimsk.ru/guides/2022/03/21/8-osnovnyh-prusov-i-minusov-bpla/> (дата обращения 14.04.2023). – Текст: электронный.

5. Булаев, А.А. Система автоматизированного проектирования и моделирования 3D ГИС / А.А. Булаев, С.В. Лапатова, А.А. Смагин // Вестник НГИЭИ. – 2017. – №6 (73). – С. 18-31.

#### **УДК 666.94**

*Калашников Д.А., Кузнецова А.Д.*

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ЖИЛИЩНЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

Снижение потребления исчерпаемых природных ресурсов, затрачиваемых на системы отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВК), является задачей первостепенной важности в виду ограниченности этих ресурсов и постоянное увеличение жилых и общественных зданиях (рис.1). Хотя вентиляция необходима для поддержания хорошего качества воздуха в помещении, есть основания полагать, что потери энергии из-за неконтролируемой или ненужной инфильтрации воздуха чрезмерны. Поэтому важно количественно оценить потребление энергии в настоящее время, чтобы можно было изучить возможности энергосбережения. В условиях современного мирового экономического кризиса актуальной является проблема энергоресурсосбережения и повышения энергоэффективности зданий и сооружений.

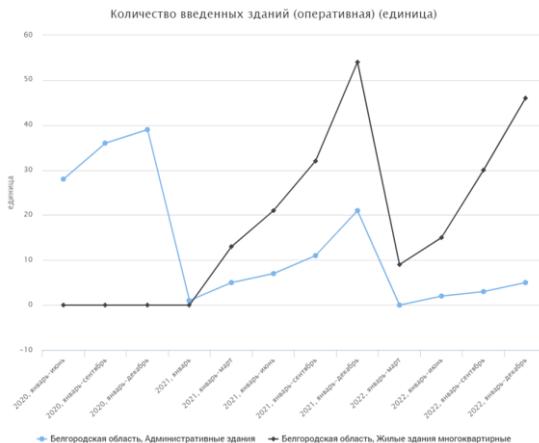


Рис. 1 Количество введенных в эксплуатацию жилых и административных зданий по Белгородской обл. за 2020-22 гг.

Принимая во внимание государственный доклад «О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации» можно увидеть тренд на ужесточение нормативных требований по эффективности использования энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение (гвс) и освещение мест общего пользования.

В рамках данной меры предлагается поэтапное ужесточение требований по эффективности использования энергии на отопление, вентиляцию, ГВС и освещение мест общего пользования во вновь строящихся многоквартирных домах (МКД). Повышаются требования на 30% относительно текущих требований к энергетической эффективности начиная с 2023 г. и на 20% относительно уровня 2023 г. начиная с 2028 г. Также предлагается стимулирование данной меры за счет льготной ипотеки в рамках национального проекта «Жилье и городская среда». Основное условие – соответствие проекта индивидуального жилого здания установленным в 261-ФЗ требованиям энергетической эффективности. Проектные и конструкторские организации выдают документ определенного образца о соответствии проектов индивидуальных жилых домов, что является основанием для выдачи льготного ипотечного кредита. [1].

Оптимизация систем обеспечения микроклимата зданий позволяет экономить энергию, что является важнейшей инженерной задачей. Так как системы ОВК – наиболее крупные потребители тепловой энергии, они потребляют до 40 % добываемого в стране

твердого и газообразного топлива и до 10 % производимой электрической энергии. Предполагаемый эффект экономии энергии в секторе «Жилые здания» за счет влияния мер политики представлен на рис.2. [2].

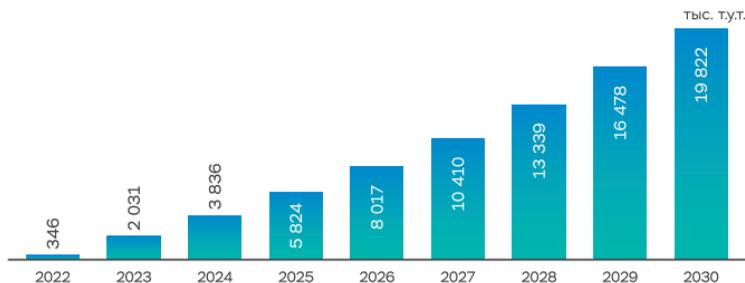


Рис. 2 Прогноз экономии энергии в секторе «Жилые здания» за счет влияния мер политики

В целях экономии ресурсов и повышения энергетической эффективности, в системах вентиляции и кондиционирования воздуха возможно использование следующих методов:

– выбор минимальных и максимальных значений оптимальных параметров микроклимата, которое зависит от конкретной ситуации и может различаться в зависимости от целей и задач. Однако, в общем случае, минимальные и максимальные значения оптимальных параметров микроклимата определяются на основе рекомендаций и нормативных документов, таких как СанПиН (Санитарные правила и нормы), ГОСТы (Государственные стандарты), а также научных исследований и опыта эксплуатации.

Например, для комфортной работы и пребывания людей в помещении оптимальные параметры микроклимата могут быть следующими:

- Температура воздуха: 22-24°C
- Влажность воздуха: 40-60%
- Скорость движения воздуха: менее 0,1 м/с
- Концентрация углекислого газа: менее 0,1%
- Освещенность: 300-500 лк.

Однако, для специфических задач и условий, таких как производственные помещения, лаборатории, медицинские учреждения и т.д., оптимальные параметры микроклимата могут иметь другие значения. В любом случае, выбор минимальных и максимальных значений оптимальных параметров микроклимата должен осуществляться с учетом конкретной ситуации и требований для

обеспечения комфортных и безопасных условий для людей, а также для обеспечения эффективной работы и сохранения качества материалов и оборудования; [3].

– уменьшение инфильтрации (расхода инфильтрационного воздуха) заключается в снижении количества нежелательного проникновения воздуха в помещение через неплотности в здании, такие как щели, трещины, двери, окна и т.д. Это может быть важным аспектом в обеспечении комфортных условий внутри помещения, так как снижение инфильтрации может помочь улучшить контроль за температурой, влажностью и качеством воздуха. Существует несколько методов уменьшения инфильтрации, таких как установка плотных дверей и окон, устранение щелей и трещин в стенах и потолках, а также установка специальных уплотнителей вокруг окон и дверей. Однако, необходимо учитывать, что слишком низкая инфильтрация может привести к накоплению вредных веществ внутри помещения, поэтому необходимо найти баланс между уменьшением инфильтрации и обеспечением достаточной вентиляции помещения;

– местное кондиционирование обеспечивает комфортные условия в определенной зоне помещения, например, в рабочем месте или в зоне отдыха, без необходимости кондиционирования всего помещения. В отличие от централизованной системы кондиционирования, которая охлаждает или нагревает воздух во всем помещении, местное кондиционирование может быть более эффективным способом обеспечения комфортных условий в зоне, где это действительно необходимо. Существует несколько методов местного кондиционирования, таких как установка настольных вентиляторов, обогревателей, кондиционеров или конвекторов. В зависимости от потребностей, можно выбрать различные типы устройств, например, для охлаждения, нагрева или вентиляции. Кроме того, местное кондиционирование может быть более экономичным в эксплуатации, так как оно потребляет меньше энергии, чем централизованная система кондиционирования. Однако, для достижения оптимальных результатов необходимо правильно выбрать тип и мощность устройства в зависимости от размеров и характеристик помещения;

– децентрализация систем ОВК (отопление, вентиляция, кондиционирование) предполагает использование множества маломощных системных блоков, вместо одной крупной централизованной системы. Каждый блок способен выполнять определенные функции, такие как нагрев, охлаждение, обработка воздуха и т.д. таким образом, что они могут управлять себя, оптимизировать свою работу и связываться с другими блоками, чтобы

обеспечить эффективный и комфортный микроклимат в различных зонах здания.

Децентрализованные системы ОВК имеют ряд преимуществ перед централизованными. Во-первых, они обеспечивают большую точность в регулировании микроклимата в каждой зоне отдельно. Во-вторых, такие системы являются более гибкими и адаптивными, так как они могут быстро реагировать на изменения в помещении и изменять температуру и влажность в соответствии с потребностями. В-третьих, децентрализованные системы ОВК занимают меньшее пространство и расходуют меньше энергии, чем централизованные. Однако, децентрализация систем ОВК требует большего количества компонентов и, следовательно, может потребовать дополнительных затрат на оборудование и обслуживание. Также требуется более тщательный расчет и проектирование системы для достижения наилучших результатов; [3].

– зонирование принципиального решения системы по сторонам света разделяет здания на зоны с учетом их ориентации по сторонам света. Это может оказать значительное влияние на энергопотребление здания, так как ориентация зон помещения по сторонам света может влиять на количество солнечного света и тепла, которое попадает внутрь помещения. Например, зоны, ориентированные на юг, могут получать большее количество солнечного света и тепла, что может привести к перегреву помещения в летний период, а также к увеличению затрат на кондиционирование воздуха. В то же время, зоны, ориентированные на север, могут получать меньше солнечного света и тепла, что может привести к необходимости дополнительного обогрева в зимний период. При проектировании здания можно учесть ориентацию зон помещения по сторонам света и разделить их на зоны с различными потребностями в кондиционировании. Например, зоны, ориентированные на юг, могут быть оснащены системами теневаия и защиты от солнечных лучей, а зоны, ориентированные на север, могут быть оснащены системами дополнительного обогрева. Таким образом, зонирование принципиального решения системы по сторонам света может помочь улучшить энергоэффективность здания и обеспечить комфортные условия внутри помещения; [4].

– использование предварительного нагревания и охлаждения, могут быть использованы для снижения энергопотребления и повышения эффективности систем ОВК. Предварительное охлаждение используется в теплых климатах для снижения температуры воздуха, поступающего в помещение до того, как он будет обработан системой кондиционирования. Это означает, что кондиционер работает менее

интенсивно, таким образом, уменьшая затраты на энергию и увеличивая время работы системы. Предварительное нагревание используется в холодных климатах для повышения температуры воздуха перед его обработкой системой отопления. Это позволяет системе отопления работать менее интенсивно, что уменьшает энергопотребление и увеличивает время работы системы. Использование предварительного нагревания и охлаждения зачастую используется в сочетании с другими методами энергоэффективности, такими как использование теплогенераторов, тепловых насосов, сигнализации о потреблении электроэнергии, автоматизированного управления и т.д. Наиболее эффективный подход к использованию этих технологий зависит от климатических условий и конкретных условий в помещении; [5].

– утилизация «сбросных» и природных теплоты и холода подразумевают под собой использования теплоты и холода, которые обычно выбрасываются в окружающую среду или генерируются естественным путем, для обеспечения энергетических нужд зданий и сооружений. Примерами "сбросной" теплоты могут служить тепло, выделяемое системами кондиционирования воздуха или промышленными процессами, а также тепло, выделяемое при сгорании отходов. Природная теплота может быть получена из глубины земли или из окружающей среды, используя технологии, такие как геотермальное или аэротермальное отопление. При использовании утилизации теплоты и холода можно значительно снизить затраты на энергию и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Например, тепло, выделяемое системами кондиционирования воздуха, может быть использовано для обогрева воды или помещений, а холод, выделяемый в процессе производства льда или холодильных систем, может быть использован для охлаждения других процессов или помещений. Однако, при использовании утилизации теплоты и холода необходимо учитывать различные факторы, такие как технические возможности, экономическая эффективность и воздействие на окружающую среду. Кроме того, необходимо правильно спроектировать и установить системы утилизации теплоты и холода, чтобы обеспечить их эффективную работу и минимальные потери энергии;

– «комбинирование» систем обеспечения микроклимата с другими системами Комбинирование систем обеспечения микроклимата с другими системами - это метод, который может снизить затраты на энергию и повысить эффективность работы системы. Так, например, системы отопления и кондиционирования воздуха могут быть интегрированы с системами энергоснабжения, такими как системы

солнечной энергии или геотермального отопления, для совместной работы. Это позволяет использовать возобновляемые источники энергии для обеспечения части или даже всей потребности в энергии, что приводит к снижению затрат на энергию и защите окружающей среды. Также микроклиматические системы могут быть интегрированы с системами управления зданием, которые следят за энергопотреблением и могут автоматически регулировать работу системы в соответствии с изменениями внешних условий (температура, свет, влажность и т.д.). Это также может способствовать снижению энергопотребления и повышению эффективности работы системы. Однако, чтобы успешно комбинировать системы, необходимо учитывать совместимость и технические требования каждой системы, а также наличие квалифицированных специалистов, которые могут осуществлять интеграцию и управление системами; [6].

– совершенствование средств автоматизации технических систем  
Совершенствование средств автоматизации технических систем - это процесс улучшения и оптимизации систем управления и контроля техническими процессами, используя современные технологии автоматизации и информационных технологий. Средства автоматизации технических систем включают в себя различные устройства, датчики, контроллеры и программное обеспечение, которые позволяют автоматизировать процессы управления и контроля техническими системами. Это может включать в себя такие системы, как системы ОВК, системы электроснабжения и освещения, системы безопасности и т.д. Совершенствование средств автоматизации технических систем может привести к улучшению эффективности и надежности работы систем, снижению затрат на энергию и ресурсы, а также повышению уровня комфорта и безопасности для пользователей. Примерами современных технологий автоматизации могут служить системы управления освещением на основе датчиков движения и освещенности, системы управления температурой и влажностью на основе алгоритмов машинного обучения, системы управления энергопотреблением на основе сетевых технологий и т.д. Однако, необходимо учитывать, что совершенствование средств автоматизации технических систем также может привести к увеличению сложности и стоимости систем, а также к необходимости квалифицированных специалистов для их проектирования, установки и обслуживания. [7].

В виду ограниченности исчерпаемых природных ресурсов и постоянного повышения их стоимости, уменьшение затрат энергоресурсов, разработка, проектирование и строительство энергетически эффективных и энергосберегающих зданий и

сооружений является актуальной проблемой. Рассматриваемая проблема является может быть решена оптимизацией систем обеспечения микроклимата зданий и сооружений, что позволяет значительно сократить потребление теплоты на отопление и вентиляцию зданий и сооружений в холодный период года, повысить энергетическую эффективность и сократить использование энергоресурсов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации от 2020 г. [Электронный ресурс] <https://www.economy.gov.ru/material/file/c3901dba442f8e361d68bc019d7ee83f/Energyefficiency2020.pdf> (дата обращения: 15.05.2023)

2. Лысев, В. И. Направления повышения энергоэффективности зданий и сооружений / В. И. Лысев, А. С. Шилин // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. – 2017. – № 2. – С. 18-25. – DOI 10.17586/2310-1148-2017-10-2/3-18-25. – EDN ZIGIKR.

3. Саввин, Н. Ю. Энергосберегающее теплообменное оборудование для различных сфер промышленности и теплоэнергетики / Н. Ю. Саввин, Л. А. Кушев // Миллионщиков-2020 : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова», Грозный, 20–22 сентября 2020 года. – Грозный: ООО "Спектр", 2020. – С. 200-203. – DOI 10.34708/GSTOU.CONF.2020.58.48.055. – EDN ELWWLN..

4. В. И. Ливчак. Градусо-сутки отопительного периода как инструмент сравнения уровня энергоэффективности зданий в России и в других странах. Энергосбережение №6'2015. [Электронный ресурс] [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6209](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6209) (дата обращения: 15.05.2023).

5. Влияние погодных условий на потребление тепловой энергии современных зданий [Электронный ресурс] <https://ceiis.mos.ru/presscenter/news/detail/8027689.html> (дата обращения: 15.05.2023).

6. Системы автоматического регулирования потребления теплоты в жилых зданиях Короткова Л.И., Морева Ю.А., Андреева Н.В., Новоселова Ю.Н. [Электронный ресурс] <https://s.applied-research.ru/pdf/2015/3-2/6505.pdf> (дата обращения: 15.05.2023).

7. Якшин, С. С. Современные способы повышения эффективности работы отопительных приборов в ЖКХ / С. С. Якшин, Н. Ю. Саввин, Л. А. Куцев // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых, Курск, 01 декабря 2020 года / сборник научных статей Всероссийской научной конференции перспективных разработок, в 2-х томах. Том 2. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 304-307. – EDN IWPEQN.

*УДК 697.7*

*Каримова А.Э., Бескровная Н.С.*

*Научный руководитель: Крюков И.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г.Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ И ГВС НА БАЗЕ КОМБИНАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ И ВОЗДУШНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ**

На сегодняшний день альтернативные системы отопления и гвс набирают особую популярность. Так для отопления и горячего водоснабжения зданий пригодны низкопотенциальные источники энергии, такие как энергия грунта, энергия подземных вод, солнечная энергия, для использования которых применяют геотермальные тепловые насосы и солнечные коллекторы. Использование такого оборудования позволяет сократить затраты энергии по сравнению с традиционными способами теплоснабжения в 3-5 раз.

Рассмотрим тепловые насосы системы «воздух-вода». По принципу действия эти насосы сходны с кондиционерами. Стоят они относительно недорого, монтируются просто. Такие насосы, как и кондиционеры, выпускают в вариантах «моно» или «сплит». Моноблоки можно монтировать снаружи здания, при этом экономится место и решается проблема шума. При внутренней установке моноблокполучает и возвращает наружный воздух через шланги. В сплит- системе используются два блока: наружный с вентилятором и испарителем и внутренний с конденсатором и автоматикой управления. Компрессор может располагаться в любом из блоков. Недостаток — плохая работа зимой: чем холоднее воздух, тем сложнее отобрать у него энергию. При температурах воздуха ниже десяти-двадцати градусов мороза насос практически перестает работать. Некоторый интерес представляет установка такого насоса в

систему вентиляции дома. Выходящий воздух имеет температуру порядка 15—25 °С, использовать это тепло можно, хотя большой производительности ждать, разумеется, не приходится. На рисунке 1 представлена система теплового насоса.



Рис. 1 Воздушный тепловой насос: 1-радиатор; 2-внутренний блок теплового насоса; 3- внешний блок теплового насоса

Таким образом, в воздушных тепловых насосах воздух продувается через испаритель, отдавая тепло холодильному агенту. Холодильный агент, проходя через конденсатор отдает тепло воде, которая используется для отопления. Наружный воздух как источник низкопотенциальной теплоты для тепловых насосов является очень доступным ресурсом. Однако коэффициент теплоотдачи воздуха очень низок, а при изменениях его температуры в большом диапазоне, достигая отрицательных значений, эффективность теплового насоса сильно снижается [3].

Недостатком воздушных тепловых насосов является более низкий коэффициент преобразования тепла, связанный с низкой температурой кипения хладагента во внешнем «воздушном» испарителе.

Рассмотрим работу системы солнечных коллекторов. Приоритетная задача солнечного коллектора – нагрев горячей воды в баке косвенного нагрева. Когда температура воды достигнет заданного значения, система переключается на нагрев буферного бака системы отопления и самой системы отопления, если в этом есть необходимость. Когда основные задачи выполнены, солнечная энергия перенаправляется в контур источника низкопотенциального тепла, т.е. в землю, где и аккумулируется.

Нагревать воду только с помощью солнечных коллекторов (СК) возможно лишь днем, причем солнечным. В весенне-осенний период и

летние пасмурные дни, когда требуется большой объем горячей воды, а солнечного тепла недостаточно, эффективнее использовать в гелиосистемах тепловые насосы (ТН), которые позволяют нагревать воду даже в ночное время. Так появляется сбалансированность в ГВС при минимальных затратах на электроэнергию. Система солнечных коллекторов представлена на рисунке 2.



Рис. 2 Солнечный коллектор Bosch

Плоский, или плоскостельный коллектор представляет собой короб, накрытый стеклом. Внутри размещается змеевик — изогнутая медная трубка, к которой приварены пластины — абсорберы. Возможно и более сложное строение в виде параллельно расположенных трубок. Это делается для уменьшения сопротивления, возникающего при прохождении теплоносителя. Солнце нагревает пластины, те передают тепло трубке, а она в свою очередь — циркулирующей в ней жидкости. Конструкция проста, но часть энергии неизбежно рассеется в окружающий воздух за счет конвекции. Для сбора максимальной количества энергии требуется обеспечить как можно большее поглощение тепла на пластинах абсорбера и уменьшить тепловые потери в самой панели. Общеизвестно, что лучше всего поглощают тепло черные тела, но использование обычной краски не дает хороших результатов.

На сегодняшний день актуальны комбинированные системы на базе альтернативных источников тепловой энергии, которые состоят из нескольких источников тепловой энергии. Интеграция работы тепловых насосов и солнечных коллекторов является эффективным и экономически обоснованным решением [2]. Комбинированная тепловая система солнечного коллектора и воздушного теплового насоса, включенная в систему отопления, представлена на рисунке 3.



Рис. 3 Схема комбинированного использования солнечныхколлекторов и воздушного теплового насоса

Комбинированная система совместной работы солнечного коллектора и воздушного теплового насоса представлена на рисунке 4, в корпусе № 2 ОмГУПСа.

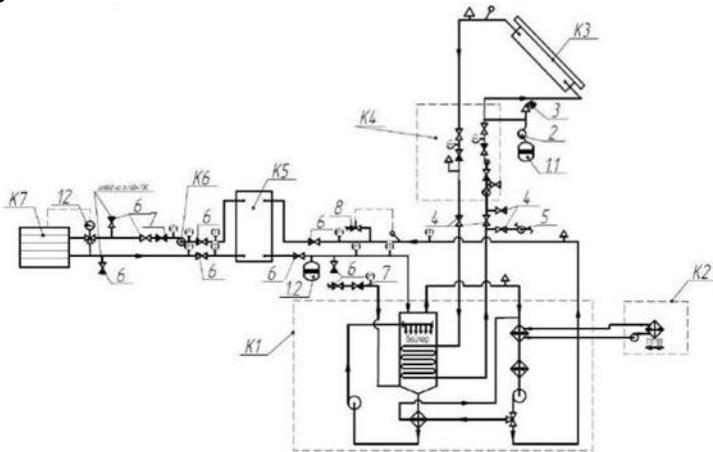


Рис.4 Принципиальная схема комбинированной системы солнечного коллектора и воздушного теплового насоса в системе отопления где; К-1 – бак-аккумулятор, К-2 – внешний модуль теплового насоса, К-3 – вакуумный коллектор, К-4 – насосная станция, К-5 – емкость буферная, К-6 – насос циркуляционный, К-7 – фанкойл, 1.1,

1.2 – бак мембранный расширительный, 2 – трубка прямая петлевая, 3 – предохранительный клапан, 4 – кран шаровый, 5 – насос ручной, 6 – кран шаровый, 7 – клапан обратный, 8 – клапан термической разгрузки, 9 – воздухоотводчик автоматизированный, 10 – манометрпоказывающий, 11 – термометр показывающий, 12 – клапан смесительный трехходовой с электроприводом.

В вакуумном солнечном коллекторе – К-3 за счет солнечного излучения производится нагрев рабочего вещества, которое за счет

насосной станции – К-4 поступает в бак-аккумулятор – К-1, где в свою очередь отдает потенциальную тепловую энергию холодной воде. Параллельно внешний модуль (испаритель) воздушного теплового насоса передает энергию окружающей среды конденсатору, который находится в системе К-1 – бака-аккумулятора. Затем нагретая вода при помощи насоса прокачивается в накопительный бак К-5, где происходит разбор горячей воды и за счет циркуляционного насоса подается на систему отопления К-7 и потребителю горячего водоснабжения (ГВС). Для регулирования температуры воды в накопительном баке предусмотрен клапан термической разгрузки 8.

Применение рассмотренной схемы гелиосистемы позволяет решить следующие задачи проектирования: обеспечение максимального КПД по использованию солнечной энергии, так как гелиосистема является первой ступенью нагрева холодной (сетевой) воды; независимый от существующей системы управления системы отопления и ГВС контур автоматического регулирования; возможность использования гелиосистемы в зимний (отопительный) период в качестве предварительного нагрева холодной воды, что приведет к дополнительной экономии на нагреве от тепловой сети [2].

Комбинация солнечного коллектора и теплового насоса для дома решает проблему нехватки горячей воды в вечернее и ночное время суток. Благодаря компактности, отсутствию необходимости бурения скважин, бесшумной работе насосов, реализация такого решения возможна в условиях жилых помещений: многоквартирных, частных домах, коттеджах.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Магомедов А. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Махачкала: Юпитер, 1996. 245 с.
2. Финиченко А. Ю, Полозкова А. П. Комбинированный метод применения солнечного коллектора и теплового насоса в условиях низких температур //
3. Бондарь Е. С. Тепловые насосы: расчет, выбор, монтаж / Е.С. Бондарь // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2011 – № 4 (112) – с.62-37
4. Никулин Н.Ю., Кушев Л.А., Темников Д.О. Современные технологические аспекты развития систем теплоснабжения // Современное строительство и архитектура – 2016 – № 4 (04). – С.29-33.

УДК 662.767

*Карпенко Д.С.*

*Научный руководитель: Семенов А.С., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ В ЖКХ

На сегодняшний день потребителями жилищно-коммунальных услуг являются всё население нашей страны. Из них 75% потребителей составляет городское население. Эта часть жителей использует для создания комфортных условий микроклимата помещений тепловую энергию из централизованных и децентрализованных систем теплоснабжения. Жилая площадь зданий составляет при этом порядка 3,8 млрд м<sup>2</sup> [1].

Тепловая энергия в жилищно-коммунальном хозяйстве используется для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. В РФ для измерения тепловой энергии широко используется единица Гкал (гигакалория). Нормативы отопления жилых помещений, а также нормы на потребление какой-либо коммунальной услуги, будь то отопление, водоснабжение и т. д. – величина относительно постоянная.

«Норматив потребления коммунальной услуги» - определяемый в соответствии с настоящими правилами количественный показатель объема потребления коммунального ресурса (холодная вода, горячая вода, природный и (или) сжиженный углеводородный газ, электрическая энергия, тепловая энергия, сточные бытовые воды, отводимые по централизованным сетям инженерно-технического обеспечения), применяемый для расчета размера платы за коммунальную услугу при отсутствии приборов учета. [2]

Как было отмечено, общепринятой единицей измерения тепловой энергии принята Гкал. Основной параметр микроклимата – средняя температура окружающего воздуха в холодный период. Теоретически это означает, что если зима была теплой, то платить за отопление придется меньше [2].

Нормативы по отоплению квартиры рассчитываются с учетом того, что в жилом помещении должна поддерживаться комфортная температура. По действующим нормативным документам в жилой комнате оптимальная температура составляет от 20 до 22 С°.

Если в зимнее время в квартире температура ниже указанных величин, значит, дом (или отдельное помещение) получает меньше теплоты, чем предписывают нормы на отопление. Как правило, в таких

ситуациях причина состоит в изношенности городских теплосетей, когда тепло-энергия впустую уходит с утечкой теплоносителя, либо доставляется в дом в недостаточном количестве. Таким образом, норма отопления в квартире не выполняется, и потребитель имеет право жаловаться и требовать перерасчета.

Расчет тепловой нагрузки на отопление здания в случае отсутствия счетчиков учета тепловой энергии производится по формуле:

$$Q = \frac{V \times (T1 - T2)}{100},$$

где: **V** – объем воды, которую потребляет система отопления; **T1** – температура горячей воды, °С и для вычислений берется температура, соответствующая определенному давлению в системе; **T2** – температура холодной воды.

Зачастую ее измерить практически невозможно и в таком случае используют постоянные показатели, которые зависят от региона. К примеру, в одном из регионов, в холодное время года показатель будет равен 5, в теплое – 15.

В целях экономии многие начали ставить в квартирах индивидуальные счетчики (рис.1) [3]



Рис. 1 Счётчик тепловой энергии для квартиры

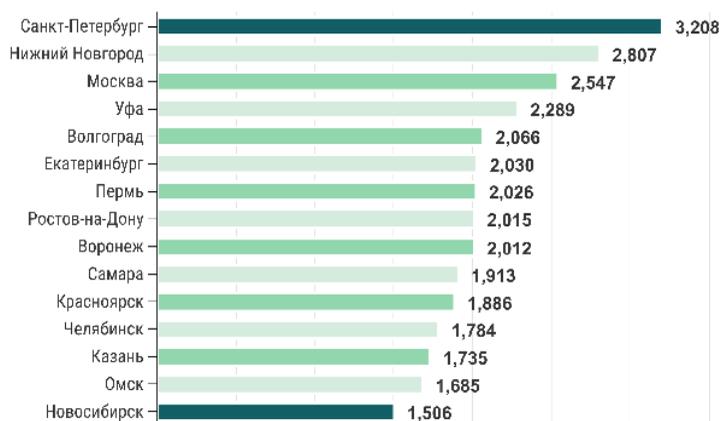
Самые высокие в стране тарифы на коммунальные услуги традиционно устанавливаются в Москве, где очень высокая стоимость электричества и горячей воды, а ежегодные взносы на капитальный ремонт превышают плату в регионах более чем вдвое. Очень высокие тарифы действуют и в Подмосковье, причем электричество и отопление в городах области может быть даже дороже, чем в столице.[3]

Даже в Санкт-Петербурге некоторые платежи существенно меньше, хотя по стоимости электричества и воды он также находится в антилидерах. Не слишком дешевой оказывается жизнь в сибирских регионах. А в южном Волгограде стоимость электроэнергии, отопления и горячей воды лишь немногим меньше, чем в Санкт-Петербурге.

Однако газ же вообще оказывается самым дорогим в стране. На рисунке 2 изображены тарифы на тепло в городах – миллионниках России.

## ТАРИФЫ НА ТЕПЛО

в городах-миллионниках России, в руб./Гкал, с июля 2021 г.



Данные Общероссийской информационно-статистической службы «Цены и тарифы в ЖКХ за 2021 г.», размер тарифов округлен до целого с копейкой

Рис. 2 Изменение тарифов на тепловую энергию в городах-миллионниках в РФ с июля 2021, руб/Гкал

Основными производителями и поставщиками тепловой энергии в ЖКХ являются специализированные предприятия коммунальной энергетики, находящиеся в ведении муниципалитетов и исполнительных органов власти субъектов регионов Российской Федерации. Предприятия коммунальной энергетики в 2003 г. обеспечивали отпуск порядка 2220 млн. ГДж (530 млн. Гкал) в год, что составило 64 % общей потребности жилищно-коммунальной и социальной сфер. Остальная часть тепловой энергии поставляется акционерными обществами энергетики и электрификации, а также другими предприятиями и организациями министерств, ведомств, концернов, объединений [2-6].

Порядка 1477 млн. ГДж (352,4 млн. Гкал) в год предприятия коммунальной энергетики вырабатывают на собственных теплоисточниках (котельных) и около 964 млн. ГДж (230 млн. Гкал) покупают у других производителей с последующей передачей ее абонентам — потребителям по коммунальным распределительным тепловым сетям [3-7].

Объемы и структура производства тепловой энергии на источниках теплоты для теплоснабжения ЖКХ и объектов социальной сферы представлены в таблице 1. Основную технологическую структуру коммунального теплоснабжения формируют собственные домовые и групповые котельные (ГрКУ), квартальные (КТС) и районные (городские) тепловые станции (РТС) с тепловыми сетями от них, распределительные сети, а также многочисленные теплопотребляющие (абонентские) установки [3-7].

Таблица 2 – Структура производства тепловой энергии

Источник теплоснабжения мощностью, МВт, (Гкал/ч)	Производство тепловой энергии	
	Количество произведённой тепловой энергии, млн. ГДж ( млн. Гкал)	Доля в общем объеме производства. %
Домовые котельные-до 3,5(3)	302(72)	9
Групповые котельные (ГрКУ)-ОТ 3,5 ДО 23,3 (3-20)	557(133)	17
Квартальные котельные (КТС)-от 23,3 до 116 (20-100)	754(180)	23
Районные котельные (РТС)-более116 (более100)	587(140)	18
ТЭЦ	1027(245)	33

Таким образом, в настоящее время одной из основных тенденций теплоснабжения является качество поставляемой тепловой энергии. Однако при этом важно организовать правильный учет теплоты и параметров теплоносителя, используя современные точные приборы учета. Это очень актуально для конечного потребителя, который сможет контролировать качество теплоносителя. В этом случае и поставщик будет следить за соблюдением параметров теплоносителя, которые предусмотрены договорными отношениями.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никонова С.В. Отдельные вопросы организации развития систем коммунальной инфраструктуры. Сборник трудов конференции «Теплоснабжение-2020» 20.10.2020 г., Москва. С. 42-47
2. Куцев Л.А., Дронова Г.Л. Пути снижения энергозатрат в жилищно-коммунальном хозяйстве // Белгород: Вестник БГТУ им В.Г. Шухова. 2008. №2; С. 24-25

3. ГОСТ Р 56501-2015 Услуги жилищно-коммунального хозяйства.
4. Богуславский Л. Д., Ливчак В.И., Титов В.П. и др. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Справочное пособие. — М.: Стройиздат, 1990.
5. Братенков В.Н., Хаванов П.А., Вэскер Л.Я. Теплоснабжение малых населенных пунктов – М.:Стройиздат, 1988
6. Громов Н.К. Абонентские устройства водяных тепловых сетей. — М.: Энергия, 1979.
7. Егиазаров А.Г. Отопление и вентиляция зданий и сооружений сельскохозяйственных комплексов. — М.: Стройиздат, 1981.

*УДК 662*

*Киричатый М.К.*

*Научный руководитель: Семиненко А.С., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ТЕПЛОПОТЕРЬ ТРУБ**

**Энергосбережение** – один из самых актуальных вопросов мировой экономики на данный момент [1]. Тепло нужно не только произвести, но и доставить его к потребителю. А в результате теплотерь на трассе, даже самопродвинутое и экономичное производство может стать нерентабельным.

Теплоизоляция является одним их самых эффективных методов уменьшения потерь тепла, помимо применения улучшенных трубных сталей и неметаллических трубопроводов, а также мониторинга и диагностики состояния тепловых сетей.

Одними из самых популярных утеплителей являются:

- стекловолокно
- минеральная вата
- вспененный полиэтилен

Можно использовать предизолированные трубы из полиуретана, которые обеспечивают высокую надежность работы и минимальные потери энергии. В работе [2] представлены результаты расчета тепловых потерь через изоляцию магистральных трубопроводов различными стандартными диаметрами. В расчетах использована нормативная методика определения теплотерь, учитывающая дополнительные факторы, связанные с эксплуатацией трубопроводов при канальной и бесканальной прокладке теплосетей. Полученные расчетные удельные

теплопотери магистральных трубопроводов ППУ-изоляцией при изменении температуры теплоносителя не превышали нормативных значений теплопотерь при идентичных условиях. Такой метод изоляции применяется для модернизации и реконструкции теплосетей Республики Казахстан (РК).

Кроме того, можно рассмотреть конструкцию трубопровода, которая отличается от известных конструкций теплоизоляции, включающих минераловатные маты. Данная конструкция содержит в качестве минераловатного заполнителя маты из базальтовых волокон, и дополнительно включает в себя наружный слой эластомерного покрытия [3].

Так же кроме внешней изоляции практикуется нанесение некоего покрытия на внутренние стенки труб, например соли жесткости в виде арагонита [4]. Арагонитовое покрытие устойчиво к растворению при рабочих режимах горячего водоснабжения. Это внутреннее покрытие на стенках труб обладает дополнительным положительным эффектом, т.к. из-за низкой теплопроводности арагонита оно будет уменьшать теплопотери через стенки труб не имеющих внешней теплоизоляции.

Ещё один способ уменьшения теплопотерь — это теплоизоляция трубопроводов порошкообразными теплоизоляционными материалами [5], например, трепелом, засыпаемым в полости кожухов, монтируемых на трубопроводе. Для этого кожухи обычно имеют цилиндрическую форму и концентричны трубопроводу. С течением времени изоляционный материал в «их уплотняется, и толщина изоляции в верхних частях кожухов уменьшается. Чтобы устранить этот недостаток, в описываемой тепловой изоляции трубопроводов, согласно изобретению, кожухи имеют в поперечном сечении овальную форму и установлены эксцентрично относительно трубопровода со смещением их оси вверх по отношению к оси трубопровода.

Также для уменьшения теплопотерь применяется двухслойная теплоизоляция [6]. Она состоит из слоя минеральной ваты и слоя вспененного каучука и отличается тем, что слой минеральной ваты является внутренним, а слой вспененного каучука – наружным, внутренний и наружный слои соединены между собой, причём наружный слой вспененного каучука герметично покрывает внутренний слой минеральной ваты. Достигается предотвращение намокания и вследствие этого разрушение теплоизоляции из минеральной ваты; улучшаются теплоизоляционные свойства минеральной ваты за счет увеличения срока ее эксплуатации (замедление износа); минеральная вата обретает герметичность за счет применения вспененного каучука, а, следовательно, снижается

количество пыли, выделяемой минеральной ватой в атмосферу, и вследствие этого уменьшается степень её воздействия на людей при её вдыхании или попадании на кожные и слизистые покровы организма человека. Также при использовании предложенной двуслойной теплоизоляции уменьшается толщина слоя теплоизоляции, что делает конструкцию более легкой и тонкой, и снижает стоимость теплоизоляции по сравнению с использованием одного вспененного каучука.

В таблице №1 представлены достоинства и недостатки всех вышеперечисленных вариантов исполнения тепловой изоляции.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки вариантов исполнения тепловой изоляции

Способ	Достоинства	Недостатки
Классический (стекловолокно)	Простота конструкции	Процесс монтажа опасен для здоровья и довольно трудоемкий
	Низкая стоимость материала	При контакте с влагой теряет свои теплоизоляционные свойства
		Относительно короткий срок эксплуатации
Предизолированные трубы из полиуретана	Долговечность	Высокая стоимость
	Возможность бесканальной установки	Неустойчивость к механическому воздействию
	Отсутствие мостиков холода при бесшовной теплоизоляции	При повреждении определенного отрезка изоляции, возникает необходимость в полной замене участка теплосети.
	Простой и дешевый монтаж (отсутствие крепежных деталей)	
Эластомерное покрытие	Долговечность	Высокая стоимость
	Безопасность при работе с материалом	
	Защищенные трубопроводы могут работать в активных средах и не подвергаться коррозии	

	Простота монтажа	
Порошковое покрытие трепелом	Высокая прочность и долговечность	Окраска проводится в специально оборудованных камерах
	Низкая стоимость	Для спекания порошкового полимера обязательно наличие специальной печи
	Скорость покрытия	
Арагонитовое покрытие внутренних стенок труб	Защита от коррозии	Необходимо специальное оборудование для нанесения покрытия
	Увеличивает срок службы	
Двухслойная теплоизоляция из минеральной ваты и каучука	Является улучшенным вариантом классической теплоизоляции труб	Процесс монтажа безопаснее и проще
		Низкая стоимость

При использовании каждого вида изоляции очень важно следить (мониторить) состояния самих труб и их покрытия, т.к при отсутствии целостности изоляции на каком-либо участке трубопровода можно потерять очень много энергии, что повлечет за собой нерентабельность любого, даже очень экономичного производства. Так, например создано устройство для восстановления изоляции трубопровода [7]. Задачей в решении предложенной полезной модели является удаление влаги из пространства между стальной трубой и паронепроницаемой полиэтиленовой оболочкой с целью приведения показателей теплоизоляции в соответствие с требованиями нормативно-технической документации. Поставленная задача решена с помощью устройства для восстановления изоляции трубопроводов, содержащее вакуумный насос, снабженный запорной и регулирующей арматурой, соединенные вспомогательным трубопроводом, для подключения вакуумного насоса через нижнее отверстие в изоляционной оболочке, а также баллон сжатого азота, снабженный запорной и регулирующей арматурой, соединенные вспомогательным трубопроводом, для подключения баллона сжатого азота через верхнее отверстие в изоляционной оболочке.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гущин С. В. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий / С. В. Гущин, А. С. Семиненко, Ч. Шень // Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 31-43.

2. Байдюсенов Г. Н., Абильдинова С. К., Елеманова А. А., Садыков Р. А. Эффективность пенополиуретановых труб при модернизации теплосетей //Строительство и архитектура: Журнал: Известия КГАСУ,2020,с.109-117.

3. Пат. 35407.,Российская Федерация, МПК F16L 59/14.Теплоизоляция/Заявитель(и),автор(ы) и патентообладатель(и)Казакевич В.И. №2003123338/20;заявл. 2003.07.28; опубл. 2004.01.10

4. Файрушин А.Ф., Половняк В.К., Еналеев Р.Ш. Снижение теплотерь в трубопроводах горячего водоснабжения с использованием арагонитового покрытия на внутренних стенках//Механика и машиностроение: Журнал Вестник КТУ,2010, с.91-94.

5. Пат. 61876.,Российская Федерация, F16L 59/12(1995.01), F16L 59/04(1995.01).Тепловая изоляция трубопроводов/ Заявитель(и), автор(ы) и патентообладатель(и) Фёдоров Н.И. Заявка: 6151, 1937.03.09; опубл: 1942.01.01

6. Пат. 186779.,Российская Федерация, F16L 59/04(1995.01).Двухслойная теплоизоляция/ Заявитель(и), автор(ы) и патентообладатель(и) Емшанов С.Л . Заявка: 2018128626, 2018.08.06; Опубл: 2019.02.01

7. Пат. 105708.,Российская Федерация, F16L 55/18(2006.01).Устройство для восстановления изоляции трубопровода/ Заявитель(и) и автор(ы): Коломиец Ю.К.,Коломиец Д.Ю., Жук Д.Н., ,патентообладатель(и) Витебское республиканское унитарное предприятие электроэнергетики "Витебскэнерго". Заявка: №2010114462/06, 2010.04.12; опубл: 2011.06.20

#### **УДК 628.16**

**Клубаков Н.А.**

*Научный руководитель: Киреев В.М., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им.В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ЖЕЛЕЗО И НИКЕЛЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

В данной статье рассматриваются причины возникновения

элементов железа и никеля в поверхностных водах, а также их основные методы очистки поверхностных вод.

Железо составляет примерно 5% всей твердой земной коры и является естественным минералом, который всегда имеется в любой воде в определенном количестве. Попадает он в нее вследствие естественных природных процессов - разрушения и выветривания каменных пород, а также старения и коррозии чугунных и стальных водопроводов. Еще один способ попадания железа в воду со сточными водами, поступающими от свалок, заводов, фабрик и других вредных производств.

В большей части регионов Сибири и Дальнего востока, где весь ландшафт заполняют тундры и леса, господствующее место занимает избыточное увлажнение. На таких территориях в поверхностных и подземных источниках присуще повышенное содержание железа и прочих соединений. Это связано с взаимодействием воды с горными породами, которые формируют стенки водоемов. В природных водоемах (в открытых и подземных) она постепенно размывает горные породы, насыщается солями и растворимыми элементами. В поверхностных водах железо, как примесь, содержится главным образом в органических комплексах (гуматы), а также образует коллоидные и высокодисперсные взвеси.

Вода с повышенным содержанием железа приводит к заболеваниям печени, увеличивает риск инфарктов, негативно влияет на репродуктивную функцию организма, а также служит причиной появления аллергических реакций. К признакам повышенного содержания железа можно отнести: металлический привкус; возникновение при кипячении воды и приготовлении пищи образуется ржавый осадок, возникновение рыжего налета на сантехнике; арматуре и посуде; в прозрачной воде на открытом воздухе появляется студенистый ржавый осадок, не оседающий на дно.

Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01, предельно допустимая концентрация железа (ПДК) в воде составляет 0,3 мг/дм<sup>3</sup>[1]. Однако, по согласованию с Главным санитарным врачом по соответствующей территории эта величина может быть увеличена до 1 мг/дм<sup>3</sup> для конкретной системы водоснабжения.

Если говорить о Белгородской области, то в подземных водах питьевых водозаборов отмечается повышенное содержание железа. Жесткость Белгородской водопроводной воды в основном обусловлена ионами кальция, концентрация которых составляет 104 — 156 мг/л. Содержание ионов магния значительно меньше (7 — 39 мг/л). В питьевой воде некоторых районов наблюдается дисбаланс этих

важнейших макрокатионов. Концентрация железа превышает предельно допустимую в 1,6 — 7,6 раза [2].

Причинами повышенного содержания железа могут являться расположение вблизи источника горно-обогатительных комплексов (карьеров, шахт), крупных промышленных предприятий и др., воздействие которых приводит к повышению содержания железа в воде.

В зависимости от источника железо в исходной воде может содержаться в следующих формах:

1) Двухвалентное. Присутствует в форме химических соединений и солей в растворенном виде; трехвалентное. Образуется за счет трансформации двухвалентного железа в реакции окисления, протекающей на открытом воздухе. Образуется мелкодисперсный осадок, иногда переходящий в хлопья "ржавчины"; Коллоидное. Нерастворимые частицы вещества, размер которых от 1 до 100 мкм, пребывают во взвешенном состоянии и не оседают под действием гравитации.;

2) Органическое. Соединения железа со сложными молекулами типа гуминовой кислоты или танина. Чаще всего они бесцветны, реже имеют желтоватый или рыжий оттенок;

3) Бактериальное. Особая разновидность микроорганизмов использует железо в своих метаболических процессах. В воде они встречаются в виде студенистых или волокнистых образований, а также в форме пленки на стенках трубопроводов и водоемов.

Для обезжелезивания поверхностных вод используются только реагентные методы с последующей фильтрацией. К реагентным относят следующие методы: упрощенная аэрация, оксидация, фильтрование; напорная флотация с известкованием и последующим фильтрованием; известкование, отстаивание в тонкослойном отстойнике и фильтрование; фильтрование через модифицированную загрузку; электрокоагуляция; катионирование.

Упрощенный метод аэрации основан на способности воды, содержащей железо (II) и растворенный кислород, при фильтрации через зернистый слой выделять железо на поверхности зерна, формируя каталитическую пленку из ионов и оксидов железа (II) и (III). Эта пленка ускоряет процесс высвобождения железа из воды. Метод рентабелен с экономической точки зрения и высокой производительности. Обезжиривание воды хлорированием и фильтрацией, а также упрощенная аэрация заключается в удалении избытка углекислоты и обогащении воды кислородом при аэрации, что способствует повышению pH и первичному окислению соединений железа. Окончательное разрушение комплексных соединений железа (II) и

частичное его срабатывание достигается введением в очищенную воду окислителей (хлора, озона, перманганата калия и др.). Соединения железа извлекаются из воды, когда они фильтруются через гранулированную нагрузку.

Обезжелезивание методом напорной флотации основано на действии молекулярных сил, способствующих соединению отдельных частиц гидроксида железа с пузырьками воздуха в воде и перемещению образовавшихся агрегатов на поверхность воды. Метод флотационной экстракции дисперсных и коллоидных примесей природных вод очень перспективен из-за резкого сокращения продолжительности процесса (в 3-4 раза) по сравнению с осаждением или обработкой в слое взвешенных отложений. Можно выделить следующие стадии процесса: окисление железа (II); растворение воздуха в воде и образование пузырьков; образование комплекса "воздушный пузырь-хлопья гидроксида железа"; поднятие этих комплексов на поверхность воды.

Обезжелезивание воды путем фильтрации через модифицированную загрузку используется при ее повышенном окислении. Он основан на увеличении сил адгезии за счет воздействия на молекулярную структуру поверхности зерн фильтрующей загрузки. Для повышения адгезионных сил необходимо сформировать пленку на поверхности зерен фильтрующего уплотнения путем модификации загрузки, которая предусматривает последующую обработку 1,5% раствором сернистого железа (II), а затем 0,5% раствором перманганата калия. Общая продолжительность контакта - 30 минут.

Удаление высококонцентрированных стабильных форм железа из воды путем аэрации, известкования, осаждения тонким слоем и фильтрации достигается после полного окисления железа (II) и разложения сложных питательных соединений до pH не менее 7,1. Процесс выведения соединений железа осуществляется в тонкослойном отстойнике. Эффект обезжелезивания воды в основном зависит от скорости потока в тонкопленочных модулях, начальной концентрации железа и дозы щелочного реагента.

Обезжелезивание поверхностных вод происходит при одновременном освещении и обесцвечивании. Железо, которое содержится в воде в виде коллоидов, мелкодисперсных взвесей и сложных соединений, удаляется обработкой воды коагулянтами. Для разложения сложных органических соединений железа воду обрабатывают хлором, озоном или перманганатом калия. Использование коагулянта железа позволяет более полно удалить железо из воды за счет интенсивной адсорбции ионов железа на хлопьях гидроксида. Оптимум адсорбции ионов железа в случае использования

как солей алюминия, так и солей железа в качестве коагулянта лежит в интервале значений  $RN$  воды 5,7-7,5. Доза коагулянта определяется экспериментально. Схема процесса изменения концентрации железа в воде методом коагуляции включает остановку реагента, мешалки, осветлители и скорые фильтры.

В поверхностных водах никель находится в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях, и количественная взаимосвязь между ними зависит от состава воды, температуры и значения  $pH$ . Сорбентами соединений никеля могут быть гидроксид железа, органические вещества, высокодисперсный карбонат кальция, глины. Растворенные формы никеля представляют собой сложные ионы, чаще всего с аминокислотами. Чаще всего в воде встречаются соединения никеля, в которых он находится в степени +2. Соединения  $Ni^{3+}$  обычно образуются в щелочной среде. Повышенное содержание никеля оказывает специфическое влияние на сердечно-сосудистую систему и способно вызывать респираторные заболевания.

Присутствие никеля в водах обусловлено составом горных пород, через которые проходит вода: он находится в местах залежей сульфидных медно-никелевых руд и железно-никелевых руд. Никель проникает в воду из почвы, а также из растительных и животных организмов при разложении. Соединения никеля в водоемы также поступают со сточными водами цехов никелирования, заводов по производству синтетического каучука, заводов по обогащению никеля. Значительные выбросы никеля сопровождают сжигание ископаемого топлива.

Предельно допустимая концентрация никеля (ПДК) в воде составляет 0,1 мг/л [1]. В Белгородской области среднее содержание никеля составляет 0,46 мг/кг. Причинами повышенного содержания никеля являются цветная и черная металлургия, сжигание горюче-смазочных материалов, отходов и мусора [3].

Очистка сточных вод от никеля основана на выделении его из раствора в виде труднорастворимых соединений. Сам процесс осуществляется путем перевода ионов тяжелых металлов в малорастворимые соединения (гидроксиды или основные карбонаты) при нейтрализации сточных вод с помощью различных щелочных реагентов (гидроксидов кальция, натрия, магния, оксидов кальция, карбонатов натрия, кальция, магния. Для наиболее полного удаления никеля следует (так же, как и для меди) применять известь, содержащую  $CaCO_3$ .

Подводя итоги, можно констатировать о том, что проблема превышения нормы содержания железа и никеля в поверхностных водах

остаётся актуальной в ряде регионов Российской Федерации. Причинами содержания данных элементов, как и рельеф местности, так и близлежащих крупные промышленные предприятия или свалки, которые оказывают влияние на почву. Методы очистки зависят в первую очередь от назначения добываемой воды, также стоит не забывать о дополнительных анализах воды, для полного получения верных данных для проектирования.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Киреев В.М. Реконструкция инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022 - 146 с.
2. Киреев В.М. Реконструкция систем и сооружений водоснабжения и водоотведения. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018 - 44с.
3. Киреев В.М. Основы промышленного водоснабжения и водоотведения. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017 – 60 с.
4. Голдовская – Перелистая Л.Ф., Перистый В.А., Шапошников А.А., Денисов Е.А. Оценка качества питьевой воды Белгородской области по химическому составу и свойствам. // Научный журнал «Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: естественные науки» – 2008. – С.70.
5. Лукин С.В. Хром и никель в почвах Белгородской области // Агрокимический вестник /Номер 6 – 2012 – С. 5 – 6.

**УДК 621.311**

***Ломоносова А.А., Маслов И.Н.***

***Научный руководитель: Москаленко Н.И., д-р физ.-мат. наук, проф.  
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия***

## **СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

В настоящие дни вопрос о повышении эффективности использования энергоресурсов в многоквартирных жилых домах стал очень актуальным [1, 2]. В Республике Татарстан, как и во многих других регионах России, эта проблема также является достаточно острой [3, 4].

Для решения этой задачи необходимо провести статистический анализ электрических нагрузок многоквартирных жилых домов. Данные для анализа можно получить из различных источников, например, из счетчиков электроэнергии.

Статистический анализ позволяет выявить закономерности и тенденции в использовании электроэнергии в многоквартирных жилых домах. Для анализа можно использовать различные методы, например, методы математической статистики.

Для вычисления различных параметров можно использовать различные формулы. Например, для расчета среднего значения электрической нагрузки можно использовать формулу:

$$X = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n \quad (1)$$

где  $X$  - среднее значение,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  - значения электрической нагрузки,  $n$  - количество наблюдений.

Для оценки дисперсии можно использовать формулу:

$$S^2 = ((x_1 - X)^2 + (x_2 - X)^2 + \dots + (x_n - X)^2)/(n - 1) \quad (2)$$

где  $S^2$  - выборочная дисперсия,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  - значения электрической нагрузки,  $X$  - среднее значение,  $n$  - количество наблюдений.

Для оценки степени разброса значений можно использовать коэффициент вариации:

$$CV = (S/X) \cdot 100\% \quad (3)$$

где  $CV$  - коэффициент вариации,  $S$  - выборочное стандартное отклонение,  $X$  - среднее значение.

Анализ данных позволяет выявить наиболее энергоемкие устройства в квартирах и в целом в доме, а также определить часы пиковой нагрузки и дни с наибольшим потреблением электроэнергии.

Для проведения статистического анализа электрических нагрузок в многоквартирных жилых домах используются различные показатели. Один из них – это коэффициент неравномерности потребления электроэнергии (КНП). КНП показывает, как неравномерно потребляется электроэнергия в течение дня. Чем больше КНП, тем более неравномерно потребление.

Как показывают результаты последних измерений, проведенных с помощью приборов контроля качества электроэнергии, сейчас наиболее часто встречаются нарушения нормативных требований по коэффициентам  $n$ -й гармонической составляющей напряжения  $KU(n)$  и не симметрии напряжения по нулевой последовательности  $K0U$  (рис. 1 и 2).

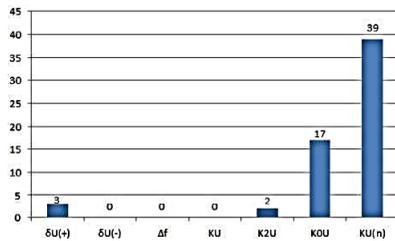


Рис. 1. Результаты измерений ПКЭ (количество случаев превышения требований ГОСТ 32144-2013, %)

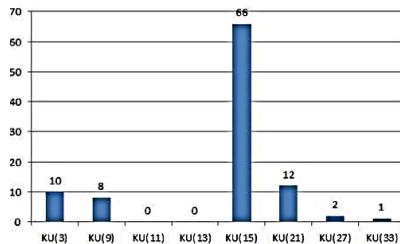


Рис. 2. Диаграмма превышений требований ГОСТ 32144-2013 по коэффициенту  $l$ -й гармонической составляющей напряжения  $K_{l(n)}$  для различных значений  $l$

Согласно значения коэффициентов не симметрии напряжений по обратной K2U и по нулевой K0U последовательности в точке передачи электрической энергии не должны превышать: – 2 % в течение 95 % времени интервала в одну неделю; – 4 % в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

Проведенные Ассоциацией «Росэлектромонтаж» [5, 6] исследования электропотребления объектов индивидуального жилищного строительства (ОИЖС), находящихся в черте г. Казани, показали, что фактические электрические нагрузки ОИЖС значительно ниже, чем обычно заявляемые потребителями 15 кВт. В результате фактический уровень загрузки электрических сетей коттеджных поселков составляет в среднем не более 20% от расчетных, при этом сравнение зимних и летних нагрузок показало, что в холодное время нагрузки в среднем превышают летние на 12%.

Таким образом, можно сказать, что статистический анализ электрических нагрузок многоквартирных жилых домов Республики Татарстан, является знаменующей задачей, позволяющей оптимизировать использование электроэнергии и снизить расходы на ее потребление. Полученные данные помогут выявить наиболее

энергоемкие устройства и определить часы пиковой нагрузки и дни с наибольшим потреблением электроэнергии в доме.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федотов А.И. Ахметшин А.Р. Мероприятия по увеличению пропускной способности линий электропередач в распределительных сетях 10 кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 5-6. С. 79-85.

2. Зарипова С.Н., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Глубокая компенсация реактивной мощности в распределительных электрических сетях напряжением 0,4-10кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 1-2. С. 60-66.

3. Надтока И.И., Павлов А.В. Повышение точности расчета электрических нагрузок многоквартирных домов с электроплитами. – Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 2015, №2, С. 45–48.

4. Морсин И.А., Шведов Г.В. Анализ наименьшей электрической нагрузки многоквартирных жилых домов в системах электроснабжения городов. – Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ, 2022, № 6, С. 43-50.

5. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. и др. Результаты статистического анализа электрических нагрузок многоквартирных домов г. Москвы // Электрические станции. 2023. № 2(1099). С. 22-28.

6. Солуянов Ю. И., Федотов А. И., Галицкий Ю. Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71.

*УДК 621.311*

*Мигулина А.А., Зубкова М.Н.*

*Научный руководитель: Салтанова Е.В., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ПРОГРАММЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Уже в 80-х годах прошлого столетия человечество, только что пережившее мировой энергетический кризис, начало активно задумываться о том, как сократить потребление энергии. Быстрое

развитие промышленности, активная сфера строительства, прирост населения, - все это способствует повышенному потреблению энергии как к глобальной проблеме.

На данный момент существует несколько способов для уменьшения энергопотребления, представленные ниже на рисунке 1.



Рис. 1 Направления энергосбережения

Уже несколько десятков лет строительный мир безостановочно обсуждает проблемы энергосбережения. Во многих странах разработаны национальные целевые программы экономии использования топливно-энергетических ресурсов, которые охватывают обширный комплекс мероприятий по совершенствованию структуры потребления энергоносителей, развитию материально-технической базы экономии ресурсов, более полному извлечению полезных компонентов, сбору и использованию вторичного сырья, контролю и учету энергопотребления [1].

Энергоэффективное строительство имеет особое значение и для каждого государства по нескольким причинам:

- преодоление дефицита энергии без ввода дополнительных энергомошностей;
- выполнение обязательств по экологическим конвенциям;
- рациональное использование бюджетных средств;

- новые рабочие места/возможности для развития бизнеса;
- защита уязвимых слоев населения.

У России есть колоссальный резерв по энергосбережению и множество возможностей по улучшению показателей энергетической эффективности. Государство призвано создать правовой и экономический климат, позволяющий организациям и частным лицам действовать на благо страны в данной области. На сегодняшний день большинство предпринимателей не готовы к большим материальным вложениям в повышение энергоэффективности собственного производства, поэтому проводят лишь некоторые быстроокупаемые мероприятия, которых недостаточно для появления значимого результата в осуществлении данной политики. Таким образом, роль различных видов поддержки государства в области повышения энергоэффективности очень велика.

За последние десятилетия государственная политика в сфере энергосбережения расширяется, вводятся законопроекты, затрагивающие энергоэффективность общественных зданий, агропромышленного комплекса и индивидуального жилищного строительства, энергосбережение при производстве конкретных товаров, ведении работ и оказании услуг и снижение энергоемкости внутреннего валового продукта страны в целом [2].

Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности" определяют направления и формы государственной поддержки в данной области, среди которых содействие в строительстве домов, имеющих высокий класс энергоэффективности.

Немаловажной проблемой является своевременное обновление нормативной документации, регулирующей то или иное нововведение, ведь зачастую достижения научно-технического прогресса не могут быть применены на практике по причине отсутствия правового закрепления. Примером подобного расхождения может служить история появления зеленых крыш. Они уже несколько десятилетий являются актуальной тенденцией, которая позволяет беречь природу, использовать в городской застройке больше пространства для озеленения, а также реализовывать оригинальные архитектурные решения. Однако в нашей стране первое упоминание о озелененных крышах в нормативной документации появилось только в 2017 году. И лишь 1 июня 2020 года вступил в силу ГОСТ Р 58875-2020 «Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений. Технические и экологические требования», который регламентирует строительство и правила эксплуатации зеленых крыш. Можно выделить

ряд основных положений, введенных в данном нормативном документе:

- озелененные крыши разделяют на мобильные (контейнерные) и стационарные, причем для крыш со стационарным озеленением вводится три типа интенсивности: интенсивный, полуинтенсивный, экстенсивный;

- приводится классификация крыш в зависимости от функционального назначения на крыши под пешеходную и транспортную нагрузку;

- описываются особенности проектирования озелененных крыш в различных климатических районах;

- приводятся рекомендации по защите растений от пересушивания и подмерзания вблизи вентиляционного, кондиционерного и воздухоочистительного оборудования на крыше здания;

- выделяется классификация применяемых субстратов и требования по плотности, гранулометрическому составу, прочности, усадке;

- приводятся дополнения к СП 20.13330. по особенностям сбора нагрузок от конструкции зеленой кровли, от эксплуатационных и временных нагрузок при расчете крыши под транспортную нагрузку;

- описываются требования к теплоизоляционным и водоизоляционным материалам, защитным и выравнивающим слоям;

- предъявляются дополнительные требования к водоотведению, защиты от ветровой эрозии и другие конструктивные требования, обеспечивающие комфортную и безопасную эксплуатацию.

Однако остается нерешенной проблема об определении требований и методик теплотехнического расчета зеленых крыш, которая замедляет внедрение новых конструктивных решений в практику строительства.

В рамках реализации республиканской адресной программы «Переселение граждан из аварийного жилищного фонда с учетом необходимости развития малоэтажного жилищного строительства» велось строительство энергоэффективного квартала в городском округе Жатай, Якутия. Расходы различных видов коммунальных ресурсов в районах вечной мерзлоты особенно высоки, что дает возможность значительно сократить объемы потребления за счет внедрения энергосберегающих технологий (таб.). Анализ показал, что с учетом всех коммунальных услуг расходы за 1 м<sup>2</sup> снизились с 52 до 28 рублей, а затраты на энергоэффективное оснащение домов имеют срок окупаемости 10 лет.

Таблица – Сравнительный анализ показателей ресурсоемкости здания

Показатель	Энергоэффективный дом	Новые здания, строящиеся по действующим нормам
Теплопотери здания за отопительный период, Гкал/год, в том числе:	681,5	840,6
через ограждающие конструкции;	356,0	419,3
через вентиляцию.	325,5	421,3
Расход тепла на ГВС, Гкал/год, в том числе:	577,9	577,9
из невозобновляемых источников;	514,9	577,9
из возобновляемых источников.	63	-
Потребление электрической энергии в местах общего пользования, кВт·ч	-	45670

Постановлением Правительства РФ от 17 января 2017 года №18 был определен целевой показатель экономии расходов на коммунальные ресурсы, по величине которого определяется размер финансовой поддержки при выполнении капитального ремонта [3]. При поддержке государства в рамках данной программы в 2017 году был проведен капитальный ремонт 37 многоквартирных домов. Применение энергосберегающих технологий позволило сократить потребление тепловой энергии на 16-21% в различных регионах страны.

Международная система добровольной экологической сертификации «BREEAM», которая может присвоить престижный ранг о «хорошем» или «отличном» уровне энергоэффективности здания, может стать дополнительным стимулом для застройщиков, которые, следуя актуальным тенденциям, повышают конкурентоспособность своих проектов. Ряд застройщиков уже устойчиво следует тренду создания энергоэффективного жилья, на которое растет спрос потребителей, желающих экономить на обслуживании собственного дома. До последнего времени в России оценку «BREEAM» имели только четыре здания, но их статус не превышал уровень «хорошо». В 2021 году в России появился первый проект, получивший отметку «отлично». Этого ранга были удостоены урбан-виллы в Тюмени (рис.2), срок сдачи которых намечен на 2023-2025 годы. Для экономии энергии в проекте предусмотрен ряд решений: оконные конструкции с увеличенным сопротивлением теплопередаче, приточно-вытяжные системы с байпасом и КПД более 85%, фотоэлектрические панели на

кровле, датчики движения в местах общего пользования контролирующее использование электроэнергии, а также территория, благоустроенная по зеленым стандартам [4].



Рис. 2 Панорама проекта микрорайона «Европейский» в г. Тюмень

На основании всего вышеизложенного, можно сделать вывод, что энергосбережение сейчас становится одним из основных приоритетов в деятельности любой строительной организации [5, 6].

Потенциал энергосбережения в Российской Федерации огромен и с каждым годом в нашей стране все активнее создаются и совершенствуются условия для популяризации, развития и масштабирования энергоэффективного строительства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куроптев А.С., Семенов А.С. Энергоэффективное строительство: зарубежный и российский опыт // Студенческий научный форум – 2015. URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015017452> (дата обращения: 13.03.2023 г.)

2. Б. С. Серебrenников Е. Г. Петрова Повышение энергетической эффективности технологических процессов промышленных предприятий // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2013. С. 15-16.

3. Официальный сайт министерства энергетики РФ // Министерство энергетики РФ URL: <http://minenergo.gov.ru> (дата обращения: 13.03.2023 г.)

4. Энергоэффективное строительство: Урбан-виллы в «Европейском квартале» // Брусника URL: <https://tyumen.brusnika.ru/villas/1/> (дата обращения: 10.03.2023 г.)

5. Энергосбережение и энергоэффективность // Электронный журнал «ЭНЕРГОСОВЕТ» URL: <http://www.energsovet.ru>

6. Дегтев И.А., Тарасенко В.Н., Хуркова Д.А. Основные принципы формирования доступного жизненного пространства в «зеленом» строительстве // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №12. С. 35-39.

### **УДК 621.311**

*Миннуллина А.С.*

*Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.  
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

## **ПРИМЕНЕНИЕ АКТУАЛИЗИРОВАННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ РАСЧЁТА ШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ**

Главным этапом любого строительного проекта является проектирование системы электроснабжения. А основой проектирования системы электропередачи является расчёт электрической нагрузки. Величина электрической нагрузки задаёт стоимость укладываемого электрического оборудования. Стоимость технологического подключения определяется значением заявленной мощности. [1-3].

По данным исследования Ассоциации «Росэлектромонтаж» в части анализа получасовых профилей общеобразовательных учреждений видно, что на деле измеренная мощность и рассчитанная мощность по нормативным техническим документам не сходятся. Измеренная мощность намного меньше, чем та мощность, которая рассчитывалась по нормативным документам. Актуализация значений электрической нагрузки в скором времени приведёт к снижению стоимости затрат на технологическое подключение [4-6]. Эта проблема как никогда актуальна для страны, так как к 2024 году планируется строительство 230 тыс. новых мест в общеобразовательных учреждениях согласно Национальному проекту «Образование». К примеру, в республике Татарстан за 10 лет построили более 60 средних общеобразовательных учреждений. С 2017 г. Ассоциация по заданию АО «Сетевая компания» и Министерства строительства, архитектуры и ЖКХ Республики Татарстан ведёт научно-исследовательскую работу по актуализации удельных расчётных электрических нагрузок для средних общеобразовательных учреждений. Для выполнения данной работы применяются интеллектуальные счётчики электроэнергии, с помощью которых возможно классифицировать потребителей электроэнергии,

вести мониторинг состояния распределительного трансформатора, прогнозировать спрос на электроэнергию, оценивать состояние распределительной системы, а также прогнозировать спрос на электрическую энергию.

Для анализа значений электрических нагрузок в общеобразовательных учреждениях рассмотрим удельные расчетные электрические нагрузки по нормативным техническим документам. Значения, указанные в нормативно-технических документах [7-9] завышены в 2 раза по сравнению с действительными нормативами. А чем старше объект исследования, тем больше электропотребления. Это трактуется тем, что количество состава электроприёмников и их характеристики изменяются. В зимние месяцы электропотребление значительно больше, чем в летние месяцы. Для 90% СОШ Районов республики Татарстана значения электропотребления не превышают 120 кВт·ч/учащегося. Для получения технических условий на технологическое присоединение СОШ выполняется расчёт заявленной мощности. Распределительные сети, защитную аппаратуру нужно брать в соответствии со значениями расчётной мощности по нормативно-техническому документу.

Расчёт заявленной мощности СОШ определяется формулой, кВт:

$$P_{\text{ЗМ.СОШ}} = P_{\text{ЗМ.УД.СОУ}} \cdot n_{\text{СОУ}},$$

где  $P_{\text{ЗМ.УД.СОУ}}$  - удельная электрическая нагрузка для расчета заявленной мощности общеобразовательного учреждения (включая: начальную общеобразовательных школу; основную общеобразовательную школу; среднюю общеобразовательную школу; среднюю общеобразовательную школу с углублённым изучением отдельных предметов; гимназию; лицей) от 300 учеников. Значение принимается равным 0,23 кВт/уч. при наличии автоматического отключения основной нагрузки и включения аварийного оборудования при возникновении пожара;  $n_{\text{СОУ}}$  - количество учеников в общеобразовательном учреждении.[4]

В таблице 1 для примера экономической эффективности рассмотрены общеобразовательные учреждения, введённые в эксплуатацию.

Таблица 1 – Сравнительные расчёты затрат для технологического присоединения среднеобразовательных учреждений

Наименование учреждения	Средняя общеобразовательная школа	Кадетская школа	Гимназия
Год основания	2016	2007	2012

Количество учеников	1214	640	1466
R <sub>факт</sub> , кВт	122,6	103,74	197,6
Мощность технологического присоединения, кВт	360	204	468
R <sub>эм.сош</sub> , кВт	279,2	147,2	337,2
экономический эффект*, тыс.руб.	97,35	68,4	157,6

Примечание. \*- разница в стоимости подготовки и выдачи сетевой организацией технических условий заявителю и проверка сетевой организацией выполнения заявителем технических условий, без учета затрат на строительство электрических сетей.

Таким образом, фактическая мощность больше в 2 раза, чем рассчитанная мощность по нормативно-техническим документам. Это объясняется тем, что необходима актуализация расчётных удельных электрических нагрузок в общеобразовательных учреждениях [5]. Внедрение составления приведёт к снижению стоимости технологического подключения, и прежде всего к уменьшению потерь электрической энергии за счёт правильного выбора трансформаторов, следовательно, экономически обоснованной их загрузки. Применение интеллектуальных систем учета электрической энергии позволит обеспечить своевременное актуализация расчётных электрических нагрузок.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., др. Результаты статистического анализа электрических нагрузок многоквартирных домов г. Москвы // Электрические станции. 2023. № 2(1099). С. 22-28. EDN WUEGJL.
2. Надтока И.И., Павлов А.В. Повышение точности расчета электрических нагрузок многоквартирных домов с электроплитами // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2015. №2. С. 45-48.
3. Жилкина Ю.В. Концепции интернета вещей как способ мотивации к энергосбережению // Электрические станции. 2020. № 2 (1063). С. 23–26.
4. Федотов А.И. Ахметшин А.Р. Мероприятия по увеличению пропускной способности линий электропередач в распределительных сетях 10 кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы

энергетики. 2011. № 5-6. С. 79-85. EDN NVAMET.

5. Зарипова С.Н., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Глубокая компенсация реактивной мощности в распределительных электрических сетях напряжением 0,4-10кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 1-2. С. 60-66. EDN SAWUQX.

6. Грачева Е.И., Наумов О.В., Федотов Е.А. Влияние нагрузочной способности силовых трансформаторов на их эксплуатационные характеристики // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 7-8. С. 71-77.

7. Суслов К.В., Солонина Н.Н., Солонина З.В., др. Повышение точности определения места повреждения в линиях электропередачи // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 12. № 3(47). С. 3-13. EDN LSXVQH.

8. Надтока И.И., Павлов А.В. Расчеты электрических нагрузок жилой части многоквартирных домов с электрическими плитами, основанные на средних нагрузках квартир // Известия вузов. Электромеханика. 2014. №3. С. 36-39.

9. Ахметшин А.Р., Солуянов Ю.И., Федотов А.И., др. Расчет удельных электрических нагрузок жилых зданий на основании фактических замеров // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2022. Т. 25. № 4. С. 313-323.

**УДК 62-111.1**

*Московкин Д.Н.*

*Научный руководитель: Маслова И.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ В ЧАСТНОМ ПОЛЬЗОВАНИИ**

Часто на индивидуальных участках, где строительство только начинается, не подведены все коммуникации, например, электроэнергия. Частично этот вопрос можно решить путём получения электричества от альтернативных источников энергии, в том числе и ветровой энергии. В статье будет рассмотрена возможность применения

энергетической установки двух различных конструкций, их преимущества и недостатки.

Существует два вида расположения оси вращения лопастей ветроустановок: горизонтальное, когда воздушный поток раскручивает лопасти, расположенные вертикально, и вертикальное, но лопасти расположены тоже вертикально. При этом, конструкция называется ротором – устройством, в виде вращающейся вертикальной трубы или же вала, использующим силу ветра для вращения лопастей вокруг оси. В этой схеме на данный момент имеются две различные по принципу конструкции.

В конструкции ротора Савониуса воздушный поток упирается в «чаши», раскручивая ось. А в конструкции ротора Дарье поток ветра раскручивает ось через вертикально расположенные лопасти, имеющие симметричную аэродинамическую форму поперечного сечения.

Сравнивая характеристики ветряков с горизонтальным и вертикальным расположением оси вращения лопастей, можно провести анализ двух схем. При горизонтальном расположении оси вращения лопастей преимуществ наблюдается более высокая эффективность в сравнении с вертикальным расположением оси. Недостатками является то, что лопасти такого оборудования создают шумы, портят ландшафт, являются преградой для насекомых, некоторых птиц, летучих мышей, совершающих полеты, либо сезонные миграции. Для обеспечения работы установки требуется воздействие ветра, в том числе возможно и не постоянное. В местах, где сила ветра слабая — не рентабельно осуществлять установку горизонтальных ветрогенераторов. Такие генераторы могут занимать достаточно много места, которое прежде было определено, например, под сельхозугодья.

Ротор Савониуса обладает следующими преимуществами: низкий уровень шума, низкая скорость ветра для старта, простота изготовления. Недостатком является его малая скорость вращения.

Ротор Дарье обладает схожими преимуществами, но скорость вращения оси у него гораздо выше. При этом, ротору Дарье требуется достаточно высокая скорость ветра для старта.

Выработка электроэнергии ветроагрегатом в месте его установки зависит от энергетических характеристик ветра и конструкции ветроагрегата. Приблизительный расчет годовой выработки энергии ветроагрегатом (независимо от вида) вычисляется по формуле:

$$P_{cp} = 1,17 * A * V_{cp}^3, \quad (1)$$

где  $P_{cp}$  – средняя мощность ветрового потока (Вт),  $A$  – поперечная площадь сечения ветрового поля ( $m^2$ ),  $V_{cp}$  – средняя скорость ветра (м/с).

Современные ветроэнергетические установки способны преобразовывать только около 25% полной мощности воздушного потока в полезную мощность, поэтому:

$$P_{ВЭУ} = 0.25 * 1.17 * A_K * V_{Ср}^3 = 0.292 * A_K * V_{Ср}^3, \quad (2)$$

где  $P_{ВЭУ}$  – мощность на выходе генератора (Вт);  $A_K$  – площадь поверхности, ометаемая ветроколесом (м<sup>2</sup>);  $V_{Ср}$  – средняя скорость ветра на уровне ступицы (м/с).

Среднегодовое количество энергии, которую ветрогенератор вырабатывает за год, можно рассчитать по формуле:

$$W_{с.г.} = (24 * 365 * P) / 1000 = 2.56 * V_{Ср} * A_K, \quad (3)$$

где  $W_{с.г.}$  – среднегодовая выработка энергии ветрогенератором (кВт.час.год),  $V_{с.г.}$  – среднегодовая скорость ветра (м/с)

Среднегодовое количество энергии, которую вырабатывает ветроагрегат определяется по формуле:

$$W_{с.г.} = 2.56 * A * V_{с.г.}^3 \text{ (кВт.час.год)}, \quad (4)$$

где  $A$  – площадь колеса,  $V_{с.г.}$  – среднегодовая скорость ветра.

Для определения среднегодовой скорости ветра в нашем регионе воспользуемся статистическим данным Белгородского метеоцентра и данным Гидрометеоцентра РФ. На большей части территорий РФ скорость ветра не превышает 5 метров в секунду. Рассматривая скорость в Белгороде и Белгородской области, необходимо отметить, что она невысока - всего 3,9 метров в секунду. Поскольку среднегодовая скорость ветра в нашем регионе невысокая, целесообразно будет использовать ветрогенератор с вертикальным расположением оси вращения. Ветряки схемы Савониуса, изготовленные по современным расчетам, с применением законов аэродинамики, начинают стартовать при скорости ветра около 2 (м/с). Проведенный анализ и расчеты показали, что скорость вращения вала будет мала практически при любом ветре, что является отрицательным моментом для подбора электрогенератора. Для увеличения эффективности ветрогенератора можно попробовать совместить схемы Савониуса и Дарье. Ротор Дарье более скоростной, но для старта необходима скорость ветра более 5 (м/с). Данная конструкция позволит стартовать при малых скоростях ветра, но получать большую скорость вращения, что идеально подходит для нашей области.

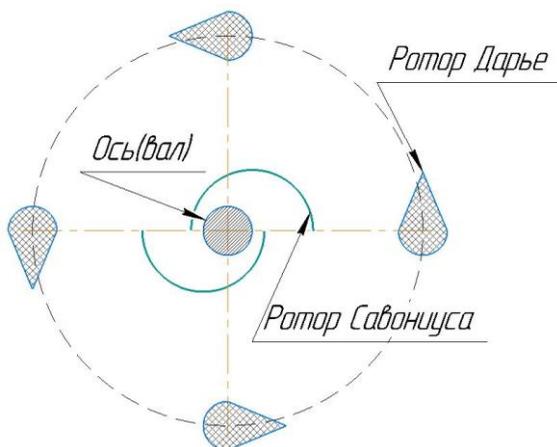


Рис. 1 Схема совмещения роторов двух видов

Для расчета получаемой энергии примем, что профиль лопастей схож с профилем крыла кордовых низкоскоростных авиамodelей. Проанализировав известные нервюры крыла, для расчета можно взять профиль NASA 0018.

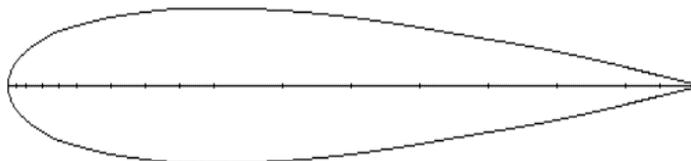


Рис. 2 Профиль NASA-0018

Примем, что  $A_k = 9 \text{ (м}^2\text{)}$ ,  $V_{с.г.} = 3,9 \text{ (м/с)}$ ,

$$W_{с.г.} = 2.56 \times 9 \times 3.9^3 \text{ (кВт*час.год)} \quad (5)$$

Исходя из выбранных размеров было получено среднегодовое количество вырабатываемой энергии  $W_{с.г.} = 1051.3 \text{ (кВт*час.год)}$ . Коэффициент передачи ветровой мощности на электрогенератор составляет 0.7, следовательно, мы получим  $735.9 \text{ (кВт*час.год)}$  электроэнергии.

Так как мы используем электроэнергию по минимуму, например, для зарядки телефона или использовании светодиодных ламп, то при тарифе 2.7 руб. за кВт\*час в ночное время суток и  $W_{с.г.} = 735.9 \text{ (кВт*час.год)}$ , экономия в год составит 1986.96 рубля.

Предлагаем расчёт минимально необходимой электроэнергии. Зарядка аккумулятора мобильного телефона, при условии, что телефон заряжается в течение 2-х часов 2 раза в неделю, при потребляемой мощности 0.0019 кВт\*час, за год составит 0.94 кВт\*час.год. При использовании освещения светодиодными лампами мощностью 5 Вт., если в среднем использование электроосвещения длится 5 часов в сутки в течение года, например, будет использоваться 4 лампы, то годовое потребление составит 7.3 кВт\*час.год.

Суммарно необходимое потребление электроэнергии составило:  
 $0.94 \text{ кВт*час.год.} + 7.3 \text{ кВт*час.год.} = 8.24 \text{ кВт.час.год.}$

Расчеты показали, что ветрогенератор, сконструированный по совмещенной схеме не только обеспечит необходимо минимальное электроснабжение, но и создаст запас на дополнительное подключение маломощных потребителей электроэнергии.

Исходя из проведенного анализа и расчетов следует, что применение ветрогенераторов для выработки электроэнергии в Белгородской области имеет перспективу, в частности, для индивидуальных застройщиков или индивидуального использования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Допуски и посадки : Справочник в 2-х ч. Ч 1, Ч2 / под ред. В.Д.Мягкова. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.:Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979 г.

2. Архипова Н.А. Метрология, стандартизация и сертификации : учеб. пособие/Архипова Н. А., Блинова Т. А., Мочалов В. Д Белгород: Изд-во БГТУ , 2016.-295.

3. Электроснабжение : учебное пособие для студентов направления бакалавриата 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / А. В. Белоусов, А. В. Сапрыка. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2016 - URL: <https://elilib.bstu.ru/Reader/Book/2016110816031388200000657214>

4. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб. пособие для студентов специальности 140100 - Энергетика теплотехнологий / И. А. Щетинина; Т. И. Тихомирова; Н. А. Щетинин ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014 - URL: <https://elilib.bstu.ru/Reader/Book/2015051411263761400000653144>

5. Патент RU2539604C2. Ветроэнергетический комплекс : № 2011135900/06 : заявл. 30.08.2011 : опубл. 10.03.2013 / Отарашвили Зураб Автандилович (RU), Титов Дмитрий Дмитриевич (RU), Никитин

Михаил Андреевич (RU), Палкин Павел Евгеньевич (RU) – URL: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=ca288ec7d91e2a33097c7537e28b3cd8>

6. Патент RU2182258. Ротор типа Савониуса : № 94045216/06 : заявл. 27.12.1994 : опубл. 27.10.1996 / Соловьев А.П. : заявитель, патентообладатель Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова – URL: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=831106b2bb77c040375e10a0b31fd16e>

**УДК 628.1:697.4**

**Никитина А.К.**

*Научный руководитель: Немченко В.И., канд. техн. наук, доц.  
Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия*

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Проблема энергосбережения и повышения энергоэффективности имеет долгосрочный характер так как, во-первых, требуется провести значительную модернизацию инженерной и социальной инфраструктуры, а, во-вторых потребует внести изменения в систему взаимоотношений на энергетическом рынке.

Среди ключевых направлений в вопросе повышения энергоэффективности и энергосбережения самыми важными являются повышение эффективности производства тепла, а также снижение потерь в тепловых сетях и системах горячего водоснабжения [1].

Этого можно добиться путем модернизации и реконструкции тепловых пунктов. Одним из возможных вариантов модернизации является изменение температурного графика, при котором график температуры теплоносителя в подающем трубопроводе остается неизменным, а в обратном равен 40 °С.

В режимах работы теплофикационной турбины по тепловому графику развиваемая мощность в значительной мере зависит от уровня температуры обратной сетевой воды, которая в течение суток непостоянна. На ТЭЦ может наблюдаться некоторое несоответствие расчетных и фактических температур обратной сетевой воды. Причиной несовпадения может являться недоиспользование теплоты, отпускаемой потребителям. Проблема заключается в том, что потребитель недополучает тепло вследствие наличия устаревших или

загрязненных систем отопления. Вторая причина связана с регулированием теплоты в домах. Вода в приборы отопления всех квартир поступает с одинаковой температурой, тогда как для угловых квартир и квартир, расположенных на крайних этажах, требуется большее количество теплоты, чем для квартир, расположенных внутри дома. Получается, что одни потребители находятся в избытке по теплу и вынуждены открывать окна, «грея улицу», а другим для полного обогрева помещений его не хватает. Для отпуска на квартиру требуемого количества теплоты следует установить на местных системах отопления регуляторы тепловой энергии, которые в большинстве случаев уменьшат расход сетевой воды, что приведет к повышению температуры сетевой воды. Избыточное тепло необходимо использовать для подогрева водопроводной воды в пластинчатом теплообменнике обратной сетевой водой [2]. Схема модернизированной системы теплоснабжения здания представлена на рис 1.

У этого способа можно выделить ряд значимых преимуществ. Снижение температуры обратной сетевой воды способствует снижению давления в нижних теплофикационных отборах паротурбинных установок, что приведет к увеличению выработки электроэнергии на тепловом потреблении и уменьшению расхода сетевой воды на горячее водоснабжение (для открытых систем теплоснабжения), это повлечет за собой снижение расхода подпиточной воды и затрат ТЭЦ на химреагенты, ремонт и обслуживание химводоочистки. Для потребителей польза заключается в том, что у них весомо снизится расход воды горячего водоснабжения, что приведет к сокращению потребления газа или электроэнергии бытовыми приборами, в том числе кухонными плитами жилых зданий, снизится конденсация водяных паров на трубах холодной водопроводной воды. А также появится возможность подключения к магистральной теплосети дополнительных абонентских систем теплоснабжения.

Водо-водяной теплообменник следует установить на трубопроводе водопроводной воды, с подводом к теплообменнику трубопроводов обратной сетевой воды на вход и выход из теплообменника, а также установка запорной арматуры и обводных линий для водопроводной воды и обратной сетевой воды на случай отключения в летний период и в случае ремонта.

Стоит отметить, что данная модернизация требует небольших капиталовложений, как следствие имеет маленький срок окупаемости, проста в эксплуатации, обладает ремонтпригодностью, абсолютно безопасна для экологии.

Водо-водяной теплообменник следует установить на трубопроводе водопроводной воды, с подводом к теплообменнику трубопроводов обратной сетевой воды на вход и выход из теплообменника, а также установка запорной арматуры и обводных линий для водопроводной воды и обратной сетевой воды на случай отключения в летний период и в случае ремонта.

Стоит отметить, что данная модернизация требует небольших капиталовложений, как следствие имеет маленький срок окупаемости, проста в эксплуатации, обладает ремонтпригодностью, абсолютно безопасна для экологии.

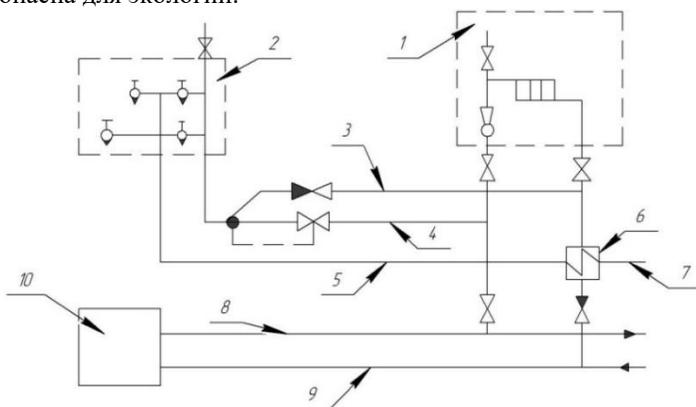


Рис. 1 Схема модернизированной системы теплоснабжения здания.

1 – система отопления, 2 – система ГВС, 3 – трубопровод обратной воды, 4 – трубопровод горячей сетевой воды, 5 – трубопровод подогретой водопроводной воды, 6 – теплообменник, 7 – трубопровод водопроводной воды, 8 – прямая линия теплосети, 9 – обратная линия теплосети, 10 – ТЭЦ.

Таким образом, снижение температуры обратной сетевой воды способствует повышению качества коммунальных услуг для объектов теплоснабжения, появлению возможности подключения новых потребителей; снижению тепловых потерь, повышению уровня безопасности и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.В. Белов, В.М. Мельников, Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения; Журнал Вестник магистратуры. Вып. 65. – Владимир, 2017. С. 34-35.

2. Шелудько Л.П., Немченко В.И. Повышение энергетической эффективности закрытой теплофикационной системы // Повышение энергоэффективности зданий и сооружений: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 6. — Самара: АСА СамГТУ, 2011. С. 3–8.

**УДК 621.311**

*Нуриев Т.Р., Маслов И.Н., Маслова Г.Д.*

*Научный руководитель: Рябенков Н.Г., д-р физ.-мат. наук, проф.  
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

Прогнозирование электрических нагрузок является важной задачей при планировании и эксплуатации электроэнергетических систем. Это позволяет эффективно управлять производством и распределением энергии, а также снизить стоимость производства и потребления электроэнергии [1, 2].

Целью работы является изучение методов прогнозирования электрических нагрузок.

Прогнозирование электрических нагрузок – это процесс, в ходе которого определяется количественная оценка энергии, необходимой для потребления на определенном участке энергосистемы в будущем [3-5].

Основная задача этого процесса – предсказать, какое количество электроэнергии будет потреблено в определенный период времени, чтобы не возникало проблем с электропитанием, а также оптимизировать сетевую инфраструктуру [2].

Точность прогнозирования электрических нагрузок играет ключевую роль в определении оптимальной работы энергосистемы. Если прогнозы завышены, это приведет к избыточному потреблению электроэнергии и увеличению затрат на производство [5-7].

Если же прогнозы занижены, это может повлечь за собой недостаточное энергоснабжение и возникновение аварийных ситуаций [1, 2].

Одним из основных инструментов, которые позволяют точно прогнозировать электрические нагрузки, являются компьютерные программы и информационные технологии.

Эти средства позволяют статистически анализировать прошлые данные, оценивать влияние погодных условий, сезонности, праздников

и других факторов на потребление электроэнергии, создавая тем самым более точные прогнозы [3-5]

Существует несколько методов прогнозирования электрических нагрузок, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

Рассмотрим наиболее распространенные методы прогнозирования:

#### 1. Линейная регрессия:

Метод используемый для простых и линейных зависимостей между переменными. Метод заключается в том, чтобы определить линейную связь между потребляемой мощностью (зависимой переменной) и независимыми переменными (температурой, временем суток, днем недели, сезоном и другими факторами).

#### 2. Экспоненциальное сглаживание:

Метод, широко используемый для решения задач прогнозирования в случае низкой структуры данных и небольшого объема данных. Этот метод предполагает использование взвешенной средней потребляемой мощности для периода времени и показывает, что значения, более близкие к настоящему времени, имеют больший вес.

#### 3. Анализ спектра:

Метод, основанный на фурье-анализе, который позволяет изучать изменения во времени и частотном диапазоне. Этот метод позволяет учитывать не только многолетние и сезонные факторы, но и информацию о последних изменениях потребления мощности.

#### 4. Нейронные сети:

Метод, опирающийся на анализ исходных данных, позволяющий определить неточность, скрытые связи в данных и кластеризовать данные. Благодаря использованию нейронных сетей можно получить более точные прогнозы при сложной структуре временного ряда.

#### 5. Гибридные методы:

Этот метод комбинирует разные методы прогнозирования, чтобы достичь наибольшей точности. Гибридные методы часто используют экспоненциальное сглаживание и линейную регрессию в сочетании с анализом спектра и нейронными сетями.

#### 6. Метод ARIMA:

ARIMA (англ. Autoregressive Integrated Moving Average) использует экспоненциальное сглаживание для удаления тренда и сезонности из данных. Затем используется авторегрессионное и скользящее среднее и дифференцирование для выделения содержательной информации из оставшихся шумовых колебаний.

Каждый метод прогнозирования использует свои инструменты и алгоритмы для предсказания будущих значений. Выбор метода

прогнозирования зависит от объема и характеристик данных, точности прогноза и требуемого уровня детализации потребления мощности.

Точное прогнозирование электрических нагрузок является очень важным элементом в управлении электроэнергетическими системами, что позволяет повысить их эффективность и экономическую целесообразность. Особенно важно прогнозирование при переходе к информационно-цифровой экономике, где количество потребителей электроэнергии постоянно растет и требует более точного управления.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Мероприятия по увеличению пропускной способности линий электропередач в распределительных сетях 10 кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 5-6. С. 79-85. EDN NVAMET.

2. Зарипова С.Н., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Глубокая компенсация реактивной мощности в распределительных электрических сетях напряжением 0,4-10кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 1-2. С. 60-66. EDN SAWUQX.

3. Солюянов Ю. И., Федотов А. И., Галицкий Ю. Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71. DOI 10.24160/0013-5380-2021-6-62-71. EDN RRSRRX.

4. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Солюянов В.И. Анализ фактических электрических нагрузок помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 6. С. 134-147. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-6-134-147. EDN MBYUSE.

5. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Солюянов В.И. Исследование электрических нагрузок многоквартирных жилых комплексов в период распространения новой коронавирусной инфекции // Вопросы электротехнологии. 2021. № 2(31). С. 57-67. EDN OOUAON.

6. Солюянов, Ю. И. Ахметшин А.Р., Солюянов В.И. Актуализация удельных электрических нагрузок помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 3. С. 47-57. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-3-47-57. EDN LANQDE.

7. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Чернова Н.В. Результаты статистического анализа электрических нагрузок

многоквартирных домов г. Москвы // Электрические станции. 2023. № 2(1099). С. 22-28. EDN WUEGJL.

**УДК 697.34**

**Портнов И.Д.**

**Научный руководитель: Посашков М.В., канд. техн. наук, доц.**

*Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия*

## **АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК НА ОТОПЛЕНИЕ У ПОТРЕБИТЕЛЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ**

Согласно п.6.2.60 Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок, утвержденных приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 24.03.2003 № 115 (далее - ПТЭТЭ) [2], ресурсоснабжающая организация (далее - РСО) должна разрабатывать гидравлический режим системы теплоснабжения на ближайшие 3 – 5 лет. При разработке гидравлического режима РСО учитываются тепловые нагрузки подключенных потребителей в объеме, указанном в договоре теплоснабжения, и тепловые нагрузки на которые были выданы технические условия на подключение. Тепловые нагрузки подключенных потребителей, указанные в договоре теплоснабжения, существенно отличаются от фактического потребления тепловой энергии, что затрудняет РСО ежегодное планирование гидравлического режима согласно п.6.2.60 [2].

Согласно [1], потребителю при подключении необходимо предоставить пакет документов, необходимых для получения технических условий на подключение к тепловым сетям.

Ресурсоснабжающая организация не в праве оспорить представляемую потребителем нагрузку, указанную в заявке на подключение, что может существенно повлиять на техническую возможность подключения новых потребителей. При ежегодном планировании гидравлического режима и несовпадении договорной нагрузки с фактическим потреблением тепла потребителем, происходит разбалансировка гидравлического режима тепловых сетей, что влечет за собой некачественное предоставление услуг по теплоснабжению [1], [2].

**Цель работы:** обосновать необходимость проверки данных по тепловой нагрузке, предоставляемой потребителем при подаче заявки на подключение, а для подключенных потребителей необходимость

использования данных фактической приведённой нагрузки за предыдущий отопительный период.

#### **Задачи, решаемые в соответствии с целью работы:**

- Просчитать нагрузку объекта потребителя по различным методикам.

- Сравнить результат, полученный по методикам с фактическим теплотреблением объекта и рекомендовать для проверки данных тепловых нагрузок, предоставляемых потребителем.

- Провести анализ гидравлического режима тепловой сети с учетом уточненных нагрузок.

На примере объекта потребителя, расположенного в населенном пункте Самарской области, проанализируем разницу в результатах расчета тепловых нагрузок по различным методикам, указанных в договоре и фактического потребления тепловой энергии. Потребитель подключен к тепловой сети по независимой схеме, используется тепловая нагрузка на отопление.

У потребителя имеется 1-этажное односекционное жилое здание. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период для Самары  $t_{\text{нр}} = -5,5$  °С, продолжительность отопительного периода  $Z_{\text{от}} = 208$  сут, принимаемые по СНиП 23-01-99\*. На первом этаже предусмотрена вестибюльная группа помещений жилой секции. Окна из двухкамерного стеклопакета с межстекольным расстоянием 12 мм. Площадь окон - 32 м<sup>2</sup>, помещения – 746,9 м<sup>2</sup>. Окна здания, выходящих на разные стороны света, имеют площадь: на север - 16 м<sup>2</sup>, на юг - 16 м<sup>2</sup>. Здание оснащено двухтрубными системами отопления. Приток воздуха в жилые комнаты осуществляется через форточки в окнах. Стены принимаются из силикатного кирпича со штукатуркой известково-песчаной и цементно-песчаной. Утеплителем являются плиты из минеральной ваты.

В данной работе приведен анализ на основании расчётов тепловой нагрузки несколькими методами: упрощенный; справочный; нормативный.

#### **Упрощенный метод [3]**

При оценке ориентировочных теплопотерь зданий используются следующие данные: объём здания по наружному обмеру; температура наружного воздуха; удельная отопительная характеристика здания, принимаемая по году застройки, назначению здания и строительному объёму; температура внутреннего воздуха.

Теплопотери вычисляются по формуле:

$$Q_{\text{пот.}} = V \times a \times q \times (t_{\text{пом.}} - t_{\text{нар.}}) \quad (1)$$

где:  $Q_{\text{пот}}$  – теплопотери зданием, ккал/час;  $q$  – удельная объемная тепловая характеристика здания, ккал/ м<sup>3</sup>×час×град;  $V$  – объем здания, м<sup>3</sup> (по наружному обмеру);  $a$  – коэффициент, учитывающий изменение удельной тепловой характеристики здания в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха; удельная тепловая характеристика здания – количество тепла, теряемое 1 м<sup>3</sup> здания в час при разности температур в 1°С.

При данных параметрах годовая максимальная нагрузка на отопление данного потребителя равна 144,402 Гкал.

Недостаток данного метода расчета, используемого теплоснабжающими предприятиями, заключается в том, что погрешность может достигать 15%, далее будут рассмотрены иные методы расчета и вычислена разница между ними, выраженная процентах.

#### **Расчет справочным методом [4]**

В отличие от предыдущего метода расчета тепловой нагрузки потребителя, при использовании справочного метода учитывается более обширный список параметров, влияющих на итоговое значение нагрузки у потребителя.

При расчете тепловой нагрузки данным методом, необходимо учитывать теплоизоляционные характеристики здания, его общую площадь, материалы, используемые при строительстве здания, их параметры (толщина, материал, тепловое сопротивление). В данном случае, при получении конечного значения мы видим более точное значение тепловой нагрузки у потребителя.

Задние одноэтажное, из силикатного кирпича со штукатуркой известково-песчаной и цементно-песчаной. Утеплителем являются плиты из минеральной ваты.

При данных параметрах годовая нагрузка на отопление данного здания будет равна 124,48 Гкал.

#### **Расчет нормативным методом [5]**

Нормативные требования к уровню тепловой защиты зданий представлены в п. 5.1 СП 50.13330, согласно которым теплозащитная оболочка должна отвечать следующим требованиям:

- приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений;
- удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения;
- температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений.

В данном методе в отличие от вышеуказанных рассчитываются параметры:

– ГСОП (Градусо-сутки отопительного периода) — условная единица измерения суровости климатических условий, в виде повышения среднесуточной температуры над заданным минимумом («базовой температурой»);

– Количество инфильтрационного воздуха;

– Средняя кратность воздухообмена.

При данных параметрах значение ГСОП равно 5873,12, соответственно годовая нагрузка на потребителя равна 126,67 Гкал.

#### **Анализ полученных данных.**

Как видно из вышеуказанных значений наименьшим получилось то, которое рассчитано справочным методом. Как было указано ранее, для использования данного метода необходимо чтобы потребитель при подаче заявления на подключения к сетям теплоснабжения также предоставил строительный паспорт на здание, где будут указаны все параметры ограждающих конструкций и виды теплоизоляции, применяемые при строительстве. Для полного анализа нагрузок необходимо обратиться к нагрузке, прописанной в договоре.

В договоре на теплоснабжение объекта потребителя прописана годовая нагрузка на отопление равная 113,16 Гкал. Годовая приведенная фактическая нагрузка по данным коммерческого учета тепловой энергии составила 101,037 Гкал.

Фактическая приведенная нагрузка меньше на 13% указанной в договоре теплоснабжения. Отсюда можно сделать вывод о том, что ресурсоснабжающая организация планирует гидравлический режим на основании завышенной тепловой нагрузки.

Проанализируем как влияет полученная фактическая нагрузка на гидравлический режим тепловой сети, на которой находится данный потребитель.

Исходя из данных полученных при анализе гидравлического режима тепловой сети, на которой находится абонент, видно, что при подстановке значения фактического потребления тепловой энергии значение местных потерь увеличивается на 7,4, что влечет за собой повышенную нагрузку на насосную группу, установленную в котельной.

Данный фактор показывает необходимость предоставления потребителем строительного паспорта здания при подаче заявления на подключение к сетям теплоснабжения для перепроверки указываемой нагрузки, а также необходимость перепроверки нагрузок согласно

фактическому потреблению тепловой энергии для ранее подключенных потребителей.

При подборе оборудования на стадии проектирования теплоисточника (котельной), в частности при выборе сетевых насосов необходимо корректно производить подбор для выбранного гидравлического режима тепловой сети, при несоответствии характеристик насосного оборудования с фактическими значениями может произойти преждевременный выход из строя оборудования, что в свою очередь будет требовать финансовых затрат на замену или ремонт вышеуказанного оборудования.

В данной работе были проанализированы методики расчета теплопотерь у потребителя, выбрана наиболее близкая фактическому теплопотреблению; проведен анализ гидравлического режима тепловой сети на основании уточненных нагрузок абонента, обоснована необходимость предоставления строительного паспорта здания потребителем.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства РФ от 30 ноября 2021 г. N 2115 "Об утверждении Правил подключения (технологического присоединения) к системам теплоснабжения, включая правила недискриминационного доступа к услугам по подключению (технологическому присоединению) к системам теплоснабжения, Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче тепловой энергии, теплоносителя, а также об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации". URL: <https://base.garant.ru/403138105/> (дата обращения 10.04.2023)

2. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок URL:<https://consultant.ru/> (дата обращения 10.04.2023)

3 Манюк, В. И. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. – Справочник [Текст] / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э. Б. Хиж, А. И. Манюк, В. К. Ильин; под ред. В.И. Манюка. –: 3-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.

4. Справочник проектировщика. Ч. 1. Внутренние санитарно-технические устройства / Под ред. И.Г. Старовойтова. - Москва: Стройиздат, 1967. - 475 с. - Б. ц.

5. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003" (утв. Приказом

Минрегиона России от 30.06.2012 N 265) URL: <https://consultant.ru/> (дата обращения 15.04.2023)

б. Бакунова, Т. С. Системы теплоснабжения: учебное пособие / Т. С. Бакунова. — 2-е изд. — Самара: АСИ СамГТУ, [б. г.]. — Часть 1 — 2016. — 73 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/127572> (дата обращения: 25.04.2023).

**УДК 697.34**

**Портнов И.Д.**

*Научный руководитель: Посаилов М.В., канд. техн. наук, доц.  
Самарский государственный технический университет, Самара, Россия*

## **МОНИТОРИНГ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗА ОТОПИТЕЛЬНЫЙ СЕЗОН 2020–2021г.**

Внедрение государственной программы энергосбережения и повышения эффективности на региональном и муниципальном уровнях должно опираться на развитую систему коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя [1-3]. Приборы коммерческого учета тепловой энергии в основном используются для осуществления финансовых расчетов между продавцом и потребителем. Значительно реже она применяется при оценке качества систем производства и потребления тепловой энергии.

Цель данной работы-повышение энергетической и экономической эффективности открытой зависимой системы теплоснабжения от котельной, расположенной в Самарской области.

Источник теплоснабжения- котельная, расположенная в Самарской области. Схема теплоснабжения-двухтрубная закрытая. Средние температуры в 2020–2021 г.

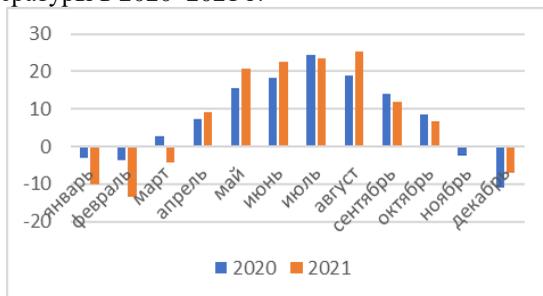


Рис. 1 Средние температуры в 2020–2021 г.

Известно, что в процессе эксплуатации возможно нарушение исправности отдельных составляющих теплосчетчика, не прошедших поверку (негодных устройств), к общему числу приборов, представленных на поверку, достигает: тепловычислителей-0,2287; преобразователей температуры- 0,1096; преобразователей расхода-0,1848; преобразователей давления- 0,197; двухпоточного теплосчетчика- 0,4712. Поэтому проводится оценка исправности расходомеров методом сравнения среднесуточных показаний расходомера на подающем трубопроводе М1 с показаниями расходомера на обратном трубопроводе М2 по величине относительной невязки показаний. Относительная невязка показаний определялась как нормативное значение невязки показаний для исправных преобразователей расхода не должно превышать 4%, то есть  $\Delta V < 4\%$ . [1-3]

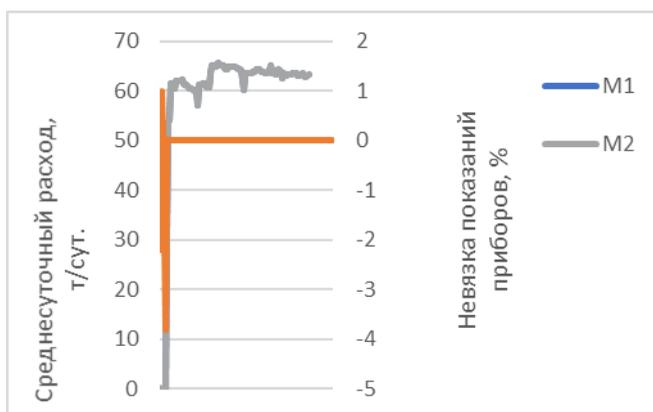


Рис. 2 График относительной невязки показаний и среднесуточных показаний расходомеров

За сезон 2020–2021 невязка не превышала нормативного значения, поэтому полученные в ходе измерений расходов результаты следует считать достоверными.

Мониторинг температур прямой и обратной сетевой воды.

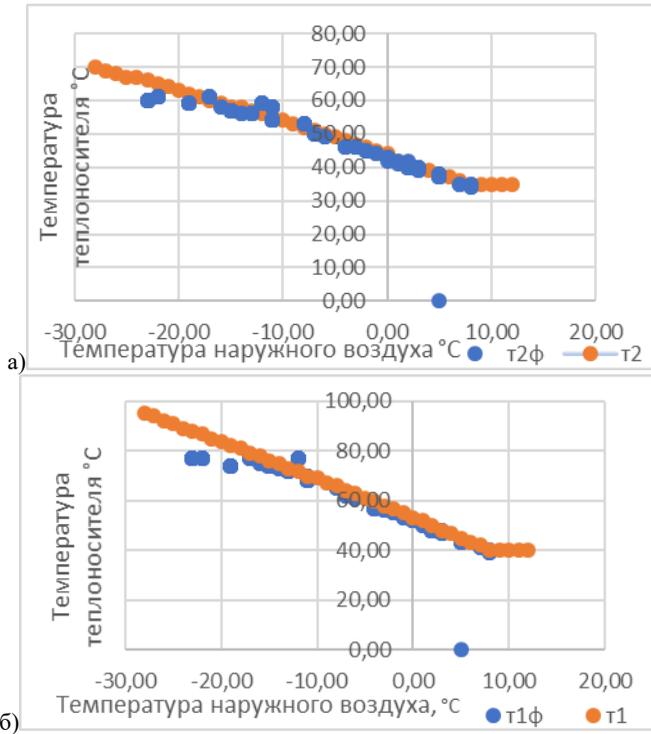


Рис. 3 Сравнение расчетного температурного графика и фактических температур сетевой воды (А- в подающем, Б- в обратном трубопроводе)

Сравнение действующего температурного графика качественного регулирования с фактическими значениями температур представлено на рис. 3. Из рис.3 видно, что при температурах наружного воздуха фактические температуры в подающем трубопроводе Т1 значительно меньше проектных значений, что является «недотопом». Температура воды в обратном трубопроводе Т2 в большинстве случаев соответствует нормативным значениям, что говорит о качественной режимной наладке внутриплощадочных тепловых сетей и систем теплоснабжения.

Проведен мониторинг системы качественного регулирования теплоисточника по температуре в подающем трубопроводе Т1 и температуре наружного воздуха Тнв, а также температуре в обратном трубопроводе Т2 и температуре наружного воздуха Тнв. Качество поддержания оценивалось как разница фактической температуры

теплоносителя и температуры нормативной, выраженной в процентах. Были получены следующие средние значения:

В подающем трубопроводе среднее значение отклонения составило 4,36%, что является отклонением от нормативного значения в 3%. В обратном трубопроводе данное значение, выраженное в процентном соотношении равно 0,02%, что меньше допустимых 5 %.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что температурный режим со стороны поставщика не соблюдается (в сторону занижения), температурный режим со стороны потребителя соответствует договорному.

Сравним нагрузку, нормативную с нагрузкой, поставляемой ресурсоснабжающей организацией.

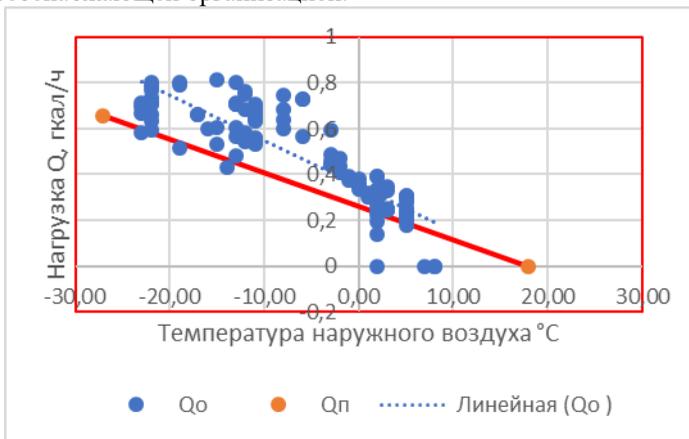


Рис. 4

Как мы можем увидеть на Рис. 4, нагрузка, поставляемая ресурсоснабжающей организацией сильно завышена относительно нормативной, прописанной в договоре на теплоснабжение. [1-3]

Выразим данную разницу в процентном соотношении:

$$(Q_p - Q_o) / Q_o * 100, \% \quad (1)$$

При подсчете разницы получаем 39% отклонение от проектной нагрузки, из чего можно сделать вывод о том, что ресурсоснабжающая организация завышает отопительную нагрузку на потребителя, что влечет за собой разбалансировку гидравлического режима тепловой сети. [4]

Закключение. Разработана и внедрена методика мониторинга параметров теплоснабжения и теплопотребления для закрытой системы теплоснабжения потребителя по данным коммерческого учета тепловой

энергии и теплоносителя. Рассмотрен алгоритм использования методики мониторинга параметров теплоснабжения и теплотребления для анализа тепловой нагрузки, расхода и температуры теплоносителя.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федер. закон РФ от 23.11.2009 №261-ФЗ. URL:<https://base.garant.ru/12171109/> (дата обращения 10.04.2023)

2. Правила коммерческого учёта тепловой энергии, теплоносителя (утв. Постановлением Правительства РФ от 18.11.2013) URL:<https://base.garant.ru/70511954/> (дата обращения 19.04.2023)

3. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 17 марта 2014 г. N 99/пр "Об утверждении Методики осуществления коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя" URL: <https://base.garant.ru/70742916/> (дата обращения 19.04.2023)

4. Манюк, В. И. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. – Справочник [Текст] / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э. Б. Хиж, А. И. Манюк, В. К. Ильин; под ред. В.И. Манюка.– 3-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.

5. Справочник проектировщика . Ч. 1. Внутренние санитарно-технические устройства / Под ред. И.Г.Старовойта. - Москва : Стройиздат, 1967. - 475 с. - Б. ц.

*УДК 536*

*Саввин Н.Ю., Губенко М.В.*

*Научный руководитель: Бондаренко М.А., преп.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ

Современный мир постоянно развивается, во всех направлениях науки. Я считаю, что моя тема на данный момент является очень актуальной. Многие люди не понимают определения термодинамических циклов. Большинство народа задаются этим вопросом.

Во-первых, рассмотрим такой термин как термодинамика. Термодинамика - раздел прикладной физики или теоретической теплотехники, в котором исследуется превращение движения в теплоту и наоборот. Она включает в себя очень много разных разделов. Например, такие как начало термодинамики, уравнения состояния и свойства простых термодинамических систем (идеальный газ, реальный газ, диэлектрики и магнетики и т. д.), равновесные процессы с простыми системами, термодинамические циклы и неравновесные процессы, закон не убывания энтропии и фазовые переходы. Так же в термодинамике рассматриваются не только вопросы распространения теплоты, но и физические и химические изменения, которые связанные с поглощением теплоты веществом, а также, наоборот, выделение теплоты в ходе физических и химических превращений. Кроме этого, термодинамика уделяет огромное внимание термодинамическим циклам и процессам. Самым первым кто ввел в термодинамику метод циклов стал французский инженер-механик Сади Карно.

Термодинамические циклы — это круговые процессы в термодинамике, то есть такие процессы, в которых начальные и конечные параметры, определяющие состояние рабочего тела (давление, объём, температура, энтропия), совпадают. Существует в термодинамике два основных вида цикла: прямой и обратный, они отличаются друг от друга лишь только соотношением между работой, полученной при расширении и работой, затраченной на сжатие.

Термодинамический цикл называется прямым, если работа, полученная при расширении, больше, чем работа, затраченная при сжатии. Так же такой цикл называют циклом «теплового двигателя».

Обратный термодинамический цикл — это работа, полученная при расширении, меньше, чем работа, затраченная при сжатии. Такой цикл называется также циклом «холодильной машины».

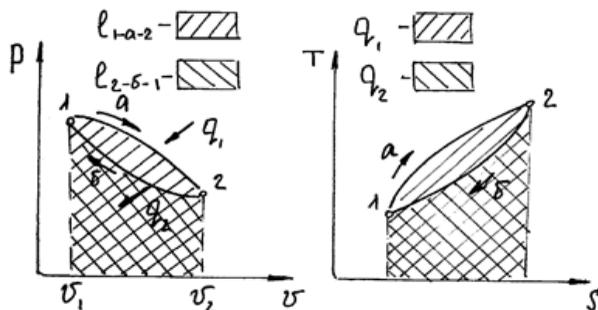


Рис. 1 Произвольный прямой цикл

Рисунок 1 — это произвольный прямой цикл в диаграммах  $p-v$  и  $T-s$  для 1 кг газа. Самой главной целью прямого цикла является получение полезной работы за счет затраты тепла, подводимого извне.

Теперь рассмотрим произвольный обратный цикл в диаграммах  $p-v$  и  $T-s$  рисунок 2.

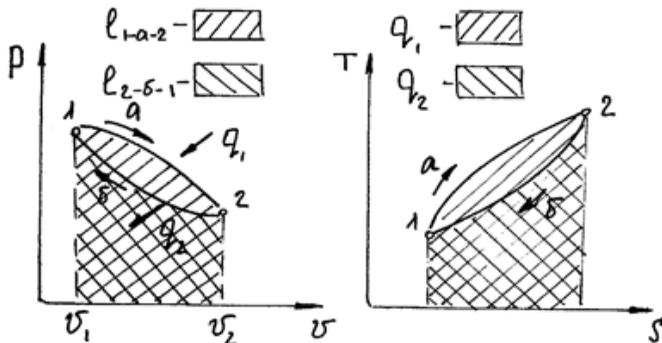


Рис. 2 Произвольно обратный цикл.

Основной целью обратного цикла является отвод тепла от тел с низкой температурой и передача этого тепла в окружающую среду с высокой температурой за счет затраты работы, подводимой извне.

Термодинамические циклы применяются во многих установках. Например, в паротурбинной и газотурбинной. Используются так же в двигателях внутреннего сгорания. Все эти установки и двигатели они уникальны. У всех свои схемы, циклы, параметры. Каждый имеет свою характеристику, но и в то же время у них есть и недостатки.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что цикл — это совокупность термодинамических процессов, в результате которых рабочее вещество приходит в первоначальное состояние, то есть представляет собой круговой процесс. Так же они являются частью и полностью зависят от термодинамики. А термодинамика в свою очередь является целой главой в разделе физики, кроме этого, играет главную роль в целом мире.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моделирование движения теплоносителя в трубчатых радиаторах отопления / Л. А. Куцев, В. Н. Мелькумов, Н. Ю. Саввин, В. В. Чуйко // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2022. – № 4(68). – С. 40-49. – DOI 10.36622/VSTU.2022.68.4.004. – EDN RVBMJF.(дата обращения 21.03.2023год).

2. Куцев, Л. А. Компьютерное моделирование движения теплоносителя в гофрированном канале пластинчатого теплообменника / Л. А. Куцев, В. Н. Мелькумов, Н. Ю. Саввин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2020. – № 4(60). – С. 51-58. – DOI 10.36622/VSTU.2020.60.4.005. – EDN QEMGOY.(дата обращения 21.03.2023 год).

3. Savvin, N. Yu. Modern methods of intensification of heat exchange processes in plate apparatuses / N. Yu. Savvin, L. A. Kushchev, A. I. Alifanova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Buildintech bit 2020. Innovations and technologies in construction, Belgorod, 08–09 октября 2020 года. – Belgorod: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012001. – DOI 10.1088/1757-899X/945/1/012001. – EDN OPVVKP. (дата обращения 21.03.2023 год).

4. Саввин, Н. Ю. С13 Теплотехника: курс лекций: учебное пособие / Н. Ю. Саввин. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. – 161 с.

5. Моделирование процесса подсоса первичного воздуха в бытовой газовой горелке на биогазовом топливе / Л. А. Куцев, В. А. Уваров, Р. С. Рамазанов, Н. Ю. Саввин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2022. – № 2(66). – С. 49-56. – DOI 10.36622/VSTU.2022.66.2.004. – EDN IYOJNG.(дата обращения 22.03.2023 год).

6. Интенсифицированный пластинчатый теплообменный аппарат в системах теплоснабжения ЖКХ РФ / Л. А. Куцев, В. А. Уваров, Н. Ю. Саввин, С. В. Чуйкин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2021. – № 2(62). – С. 60-69. – DOI 10.36622/VSTU.2021.62.2.004. – EDN QPAKQJ. (дата обращения 22.03.2023 год).

**УДК 621.311**

*Сагитов К.Р., Маслов И.Н., Маслова Г.Д.*

*Научный руководитель: Рябенков Н.Г., д-р физ.-мат. наук, проф.  
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ УСТАНОВКИ ОПТИМИЗАТОРОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ**

Электроэнергетика - это отрасль энергетики, включающая в себя сбыт, передачу и производство электроэнергии. Это наиболее важная часть энергетики, так как имеет превосходство перед энергией других видов. Электроэнергетика является основным видом энергии, и от нее

напрямую зависит быт человека и технологические процессы на производстве. Соответственно и качество данной энергии должно быть высоким [1, 2].

Основными показателями качества электроэнергии являются:

1. Отклонение напряжения - отличие фактического напряжения в установленном режиме работы от его номинального напряжения.

2. Колебание напряжения - быстро изменяющееся отклонение напряжения длительностью менее одной минуты.

3. Провал напряжения - временное уменьшение напряжения в конкретной точке длительностью менее 30 секунд.

4. Перенапряжение - мгновенное значение напряжения, превышающее наибольшее рабочее напряжение [1, 2].

Так как на сегодняшний день электроэнергетика является важной частью современного мира, ее качество также играет важную роль в жизни человека. По официальным данным потребление электроэнергии в Единой энергосистеме России по итогам 2022 года увеличилось на 1,5% по сравнению с показателем за 2021 год и составило 1,11 трлн кВт·ч.

Качество электроэнергии напрямую воздействует на технологический процесс предприятий, а также на быт человека для его комфортной жизни. Некачественное электричество может привести к повреждению наших приборов, увеличить счета за электроэнергию и даже создать угрозу безопасности.

К счастью, есть решение этой проблемы в виде оптимизатора энергопотребления. Установка оптимизатора энергопотребления может помочь улучшить качество потребляемой электроэнергии, что принесет значительные выгоды как потребителям, так и окружающей среде.

Оптимизатор энергопотребления работает, контролируя подачу электроэнергии и регулируя ее в режиме реального времени, чтобы обеспечить ее поставку на безопасном и стабильном уровне. Эта система может помочь предотвратить скачки и провалы напряжения, которые могут повредить приборы и сократить срок их службы.

Оптимизатор энергопотребления не только защищает наши приборы, но и помогает сократить счета за электроэнергию. Оптимизируя источник питания, оптимизатор может сократить потери энергии и помочь снизить общее потребление электроэнергии. Это может привести к значительной экономии на счетах за электроэнергию с течением времени. Оптимизатор следует выбирать, учитывая реальные нагрузки объектов, основываясь на длительном периоде наблюдения [3-5].

Еще одним преимуществом установки оптимизатора энергопотребления является то, что он может помочь уменьшить наш углеродный след. Снижая потребление энергии, мы можем уменьшить количество энергии, которое необходимо вырабатывать электростанциям. Это, в свою очередь, может помочь сократить выбросы парниковых газов и защитить окружающую среду.

Таким образом оптимизаторы энергопотребления могут помочь улучшить качество электроэнергии потребителей, регулируя напряжение и снижая скачки напряжения в электросети. Это может привести к более стабильной и эффективной подаче электроэнергии в дома и на предприятия, что может повысить производительность электрических устройств и приборов, а также снизить потребление энергии и затраты. Кроме того, оптимизаторы энергопотребления также могут помочь сократить выбросы углекислого газа за счет сокращения количества энергии, затрачиваемой впустую в электрической сети. Это может стать отличной инвестицией как для потребителей, так и для окружающей среды.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Федотов А.И. Ахметшин А.Р. Мероприятия по увеличению пропускной способности линий электропередач в распределительных сетях 10 кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 5-6. С. 79-85. EDN NVAMET.

2. Зарипова С.Н., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Глубокая компенсация реактивной мощности в распределительных электрических сетях напряжением 0,4-10кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 1-2. С. 60-66. EDN SAWUQX.

3. Солуянов Ю. И., Федотов А. И., Галицкий Ю. Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71. DOI 10.24160/0013-5380-2021-6-62-71. EDN RRSRRX.

4. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Исследование электрических нагрузок многоквартирных жилых комплексов в период распространения новой коронавирусной инфекции // Вопросы электротехнологии. 2021. № 2(31). С. 57-67. EDN OOUAON.

5. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Чернова Н.В. Результаты статистического анализа электрических нагрузок

многоквартирных домов г. Москвы // Электрические станции. 2023. № 2(1099). С. 22-28. EDN WUEGJL.

**УДК 620.9:504**

**Сарбаева Я.И.**

*Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.  
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

## **ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ГЕНЕРИРУЮЩИХ КОМПАНИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

В современном мире энергетика является одной из ключевых отраслей экономики. Электроэнергетика, в свою очередь, играет важную роль в обеспечении энергоснабжения населения и промышленности. В связи с этим, инновационное развитие генерирующих компаний в электроэнергетике имеет большое значение для обеспечения стабильной работы энергосистемы и повышения ее эффективности.

Генерирующие компании занимаются производством электроэнергии из различных источников: тепловых, гидро-, атомных, ветро- и солнечных электростанций (рис.2.). Одной из главных задач генерирующих компаний является увеличение финансовой эффективности процессов генерации электроэнергии. Для этого необходимо использовать инновационные технологии и методы, которые позволяют снизить затраты на производство, увеличить производительность и качество энергии.

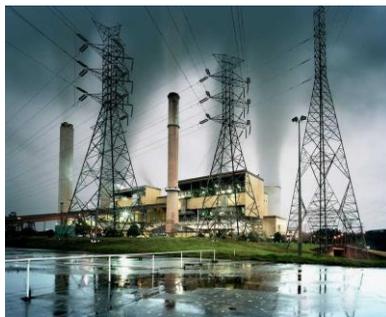


Рис. 1 Электростанции

Одной из инновационных технологий, которая может быть использована генерирующими компаниями, является технология «умных» сетей (рис.2.). «Умные» сети представляют собой интеллектуальную систему управления энергоснабжением, которая позволяет оптимизировать процессы передачи и распределения электроэнергии. Это позволяет снизить затраты на энергоснабжение, увеличить эффективность работы системы и повысить качество энергии.



Рис. 2 «Умные» сети

Еще одной инновационной технологией, которую могут использовать генерирующие компании, является технология использования возобновляемых источников энергии. В последние годы произошел значительный прорыв в развитии технологий солнечной и ветровой энергетики. Использование этих технологий позволяет снизить зависимость от традиционных источников энергии, таких как уголь и нефть, и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Однако внедрение инновационных технологий в генерирующих компаниях требует значительных инвестиций и времени. Поэтому, для успешного инновационного развития генерирующих компаний необходимо разработать комплексную стратегию, которая будет включать в себя программно-целевое и проектное управление.

Программно-целевое управление позволяет определить цели и задачи инновационного развития генерирующих компаний и разработать мероприятия для их достижения. Проектное управление позволяет реализовать конкретные проекты по внедрению инновационных технологий в генерирующих компаниях.

Классификация инноваций также играет важную роль в принятии решений о внедрении инноваций. Классификация инноваций позволяет

оценить их потенциал и определить возможность их успешного внедрения. В зависимости от типа инновации, ее потенциала и рисков, можно выбрать наиболее подходящий вариант для конкретной генерирующей компании.

В целом, инновационное развитие генерирующих компаний в электроэнергетике имеет большое значение для обеспечения стабильной работы энергосистемы и повышения ее эффективности. Для успешного инновационного развития генерирующих компаний необходимо разработать комплексную стратегию, которая будет включать в себя программно-целевое и проектное управление, а также классификацию инноваций для обоснованного принятия решений о внедрении инноваций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Горлов А.Н. Влияние водородного топлива на работу газотурбинной установки при работе на оптовом рынке электрической энергии и мощности // Международный технико-экономический журнал. 2022. № 1. С. 17-26. DOI 10.34286/1995-4646-2022-82-1-17-26. EDN CMYRKA.

2. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Савина М.В. Добавление водорода к топливному газу для повышения энергетических характеристик газотурбинных установок // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021. Т. 25. № 3(158). С. 342-355. DOI 10.21285/1814-3520-2021-3-342-355. EDN RCIJEG.

3. Осипов Б.М., Титов А.В., Хамматов А.Р. Инструментальная среда исследования газотурбинных установок // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2009. № 1. С. 22-25. EDN KPSXOT.

4. Гафуров А.М., Осипов Б.М., Титов А.В., Гафуров Н.М. Программная среда для проведения энергоаудита газотурбинных установок // Энергетика Татарстана. 2015. № 3(39). С. 20-25. EDN UJZEYR.

5. Соловьев И.С., Валиев Р.И., Нугманов Д.Ф. и др. Применение мобильных мини-ТЭЦ с ГТУ как важный фактор освоения труднодоступных территорий России // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Том Часть 2. Комсомольск-на-Амуре:

Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. С. 172-175. EDN ERBLBC.

6. Тимофеева С. С. Мингалеева Г.Р. Перспективы использования торфа в региональной энергетике / С. С. Тимофеева, // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 325. № 4. С. 46-55. EDN TEUBXH.

7. Афанасьева О.В., Мингалеева Г.Р., Добронравов А.Д., Шамсутдинов Э.В. Комплексное использование золошлаковых отходов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2015. № 7-8. С. 26-36. EDN UYCPTJ.

8. Mingaleeva G. R. On the mechanism of a helical motion of fluids in regions of sharp path bending // Technical Physics Letters. 2002. Vol. 28. No. 8. P. 657-659. DOI 10.1134/1.1505541. – EDN LHGBUT.

9. Афанасьева О.В., Галькеева А.А., Вафин А.Р., Мингалеева Г.Р. Региональные аспекты использования угля на объектах малой распределенной энергетики // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 9-10. С. 85-93. EDN YPSXVG.

**УДК 621**

**Сиразева Р.И.**

**Научный руководитель: Нигматзянова Л.Р., ст. преп.**

*Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

## **ЭКОНОМИЧНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РЕГИОНАХ ТАТАРСТАНА**

Энергетика является неотъемлемой частью современной жизни и играет жизненно важную роль в содействии устойчивому экономическому развитию в регионах Татарстана. Сокращение потребления энергии в наших домах экономит наши деньги, повышает нашу энергетическую безопасность и снижает загрязнение окружающей среды от невозобновляемых источников энергии. Люди используют электричество для освещения, отопления, охлаждения, а также для управления приборами, компьютерами, электроникой, машинами и системами общественного транспорта.

Сначала посмотрим на свой счет за коммунальные услуги. Среднее потребление электроэнергии по стране составляет около 1000 кВт\*ч в месяц. Потребление электроэнергии в Татарстане (с учётом потребления на собственные нужды электростанций и потерь в сетях) в 2022 году составило 33,0 млрд кВт\*ч. Для выработки электроэнергии

приходится использовать энергоресурсы природы, а они, как нам известно, не бесконечны. Если же взять город Казань с населением в 2 млн. человек и сократить потребление всего на 10%, то мы уменьшим количество выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу примерно на 0,12 млн тонн.

Как избежать в будущем проблемы с нехваткой электроэнергии? Для этого правительства разных стран разрабатывают государственные программы, ориентированные на сокращение потребления электроэнергии с помощью применения энергоэффективных технологий, системы тарифов (многотарифные счетчики), энергосберегающего оборудования. Есть много способов сократить потребление электроэнергии в наших домах:

1) Приобретать энергоэффективные и энергосберегающие продукты и эффективно использовать их. Например, усовершенствованный блок питания для уменьшения нагрузок электроэнергии, которая тратится впустую, когда электроника не используется. Также добавлять больше дневного света в свой дом, используя энергосберегающие окна и световые люки.

2) При электрическом отоплении и охлаждении помещений - внедрить в свой дом концепции пассивного солнечного дизайна, которые включают использование энергоэффективных окон. Правильно изолировать и герметизировать свой дом. Выбрать энергоэффективную систему отопления, которая не использует электричество.

3) Использовать «Повременные тарифы на электроэнергию». Многие коммунальные предприятия внедряют программы, которые поощряют своих клиентов использовать электроэнергию в непиковые часы. Программы передают экономию вам, клиенту, за счет скидок или сниженных тарифов на электроэнергию.

4) Установить систему «Умный дом». Ведь «умные дома» позволяют лучше контролировать потребление энергии, автоматизируя такие вещи, как регулировка температуры, включение и выключение света, открытие и закрытие окон и регулировка полива в зависимости от погоды. Они предоставляют информацию об использовании энергии, которая может помочь стать более энергоэффективными и помнить об экологических факторах. Умные дома могут точно определить области, где вы используете больше энергии, чем нужно, что позволит нам сократить расходы в этих областях и сэкономить деньги.

Если смотреть статистику по всей стране, то Татарстан демонстрирует высокие показатели по энергоэффективности. Но каков же рейтинг энергоэффективности в разрезе муниципальных образований РТ. (Рис. 1).

Наименование муниципального района (городского округа)	Удельный расход энергоресурсов и воды за 2021 г.		
	отопление (газ и тепло), т. у. т./ кв. м. k=0,4	электроэнергия, кВтч/кв. м. k=0,3	вода (гвс и хвс), куб. м./кв. м. k=0,1
Татарстан	0,0248	29,4	1,417
Средний	0,0232	30,3	1,513
Нижнекамский	0,0206	20,5	1,706
Альметьевский	0,0161	25,9	1,119
Елабужский	0,0168	27,8	1,490
Лениногорский	0,0235	20,9	1,127
г.Наб. Челны	0,0206	25,6	2,070
Заинский	0,0274	28,0	1,000
Нурлатский	0,0287	25,2	1,344
Азнакаевский	0,0325	20,2	1,492
Буинский	0,0280	27,1	0,900
Чистопольский	0,0244	38,5	1,122
Бавлинский	0,0232	36,4	1,317
Бугульминский	0,0282	26,5	1,704
Зеленодольский	0,0275	31,7	1,459
г.Казань	0,0253	40,7	1,395

Рис. 1 Рейтинг энергоэффективности муниципальных районов РТ

По показаниям данного рейтинга-Казань оказалась аутсайдером. У мегаполиса огромное потребление электричества. Связано это с тем, что в Казани живет большее количество людей. Это более чем в два раза больше самого экономного Азнакаево (20,2 кВтч/кв. м) или Лениногорска (20,5 кВтч/кв. м).

На рисунке 2 представлены результаты анализа информации об электропотреблении многоквартирных домов в городах РТ. По расчётам можно сказать, что в столице Татарстана наибольшее электропотребление. Это также связано с тем, что в Казани большее количество людей, жилых зданий. Ведь больше всего энергии потребляют отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, за которыми следует освещение.

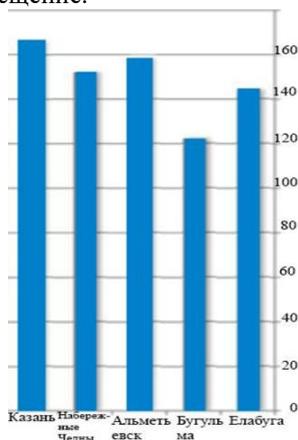


Рис. 2 Удельное электропотребление в Республике Татарстан по городам, кВт\*ч/квартира

Хочется отметить, что сейчас Татарстан работает над исправлением сложившейся ситуации. Проводится ряд мероприятий энергосбережения и повышения энергетической эффективности в учреждениях. Такие как: установка счётчиков расхода электроэнергии, закупка нового бытового оборудования и компьютерной техники с более высоким классом энергоэффективности, реконструкция электрических сетей и тд.

Экономичное потребление электроэнергии в регионах РТ занимает важную роль в российской экономике. Республика Татарстан обладает достаточным потенциалом и ресурсами для обеспечения экономичного потребления электроэнергии. Ведь по итогам энергоэффективности республика занимает 2-е место, пропустив вперед лишь Санкт-Петербург. Давайте вместе приложим силы для экономии энергии, ведь при ограниченных энергетических ресурсах, доступных на нашей планете, активное энергосбережение выгодно как для каждого человека, так и для наших более крупных энергетических систем.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солуянов Ю. И., Федотов А. И., Галицкий Ю. Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71.

2. Жилкина, Ю.В. Концепции интернета вещей как способ мотивации к энергосбережению // Электрические станции. 2020. № 2 (1063). С. 23-26.

3. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

4. Надтока И.И., Павлов А.В. Повышение точности расчета электрических нагрузок многоквартирных домов с электроплитами // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2015. № 2. С. 45-48.

5. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИРГТУ. №6. 2011. С. 113-118.

6. Гофман А.В., Ведерников А.С., Ведерникова Е.С. Повышение точности краткосрочного и оперативного прогнозирования

электропотребления энергосистемы с применением искусственной нейронной сети // Электрические станции. 2012. № 7 (972). С. 36-41.

**УДК 658.264**

**Слюнкин А.С.**

**Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Теплоснабжение является важной отраслью в нашей жизни. Оно приносит тепло в наш дом, обеспечивает уют и комфорт, а также горячее водоснабжение необходимое каждый день в современном мире. С развитием технологий и изменением энергетической ситуации в мире, системы теплоснабжения также претерпевают значительные изменения и прогресс.

В данном тексте мы рассмотрим современные тенденции развития систем теплоснабжения, которые являются ответом на вызовы современного времени, такие как изменение климата, необходимость энергосбережения и энергетическая независимость. Они направлены на повышение эффективности, снижение вредного воздействия на окружающую среду и обеспечение надежного и экономически выгодного теплоснабжения.

Развитие систем теплоснабжения в настоящее время определяется несколькими важными тенденциями. Во-первых, существует стремление к повышению энергоэффективности. Это достигается благодаря применению передовых технологий и инженерных решений, таких как когенерация, улучшенная изоляция и управление энергопотреблением [1]. Улучшение энергоэффективности помогает снизить потери энергии и оптимизировать расход ресурсов.

Вторая тенденция связана с переходом к использованию возобновляемых источников энергии. С ростом осознания проблемы изменения климата и необходимости сокращения выбросов парниковых газов, системы теплоснабжения все больше прибегают к солнечной энергии, ветроэнергетике, геотермальной энергии и биомассе. Это позволяет снизить зависимость от традиционных источников энергии и сократить негативное воздействие на окружающую среду [2].

Третья тенденция - децентрализация систем теплоснабжения. Вместо централизованной модели, в которой тепло производится на

больших энергетических объектах и распределяется по трубопроводам, все больше внимания уделяется децентрализованным системам. Такие системы позволяют производить тепло ближе к местам его потребления, что уменьшает потери тепла в трубопроводах и обеспечивает более оптимизированное использование энергии [3].

Технологии тепловых насосов также играют важную роль в развитии систем теплоснабжения. Тепловые насосы используют энергию из окружающей среды (воздуха, воды, почвы) для обеспечения тепла в зданиях. Они являются экономичными и экологически чистыми решениями.

Умное управление и автоматизация - еще одна тенденция, наблюдаемая в системах теплоснабжения. Умное управление и автоматизация играют важную роль в современных системах теплоснабжения, обеспечивая более эффективное и оптимизированное функционирование. Эти технологии основаны на использовании сенсоров, сетей передачи данных и алгоритмов управления для мониторинга, анализа и автоматического регулирования работы системы [4]. Одним из ключевых аспектов умного управления является сбор и анализ данных. Сенсоры и измерительные устройства устанавливаются в различных точках системы теплоснабжения для мониторинга различных параметров, таких как температура, давление, расход теплоносителя и энергопотребление. Эти данные передаются в центральную систему управления, где они анализируются и используются для принятия решений. На основе собранных данных и алгоритмов управления, умные системы могут автоматически оптимизировать работу системы теплоснабжения: регулировать работу котлов, насосов и клапанов в режиме реального времени, чтобы обеспечить оптимальные условия работы системы при минимальном энергопотреблении. Это позволяет снизить потери энергии и операционные расходы.

Виртуальные сети теплоснабжения – это еще одна перспективная тенденция. Виртуальные сети объединяют производителей и потребителей тепла с помощью цифровых технологий, позволяя оптимизировать распределение тепла и энергии. Это способствует более рациональному использованию различных источников тепла в зависимости от спроса и доступности.

Важным аспектом развития систем теплоснабжения является развитие теплоснабжения в городах и сельской местности. В городах централизованные системы теплоснабжения объединяют несколько зданий и районов, обеспечивая горячую воду и отопление для большого количества потребителей. В сельской местности активно развиваются

системы на основе биомассы и других возобновляемых источников энергии, что способствует улучшению энергетической независимости и использованию местных ресурсов [5].

Инновации и модернизация также играют важную роль в развитии систем теплоснабжения. Во многих случаях существующие системы нуждаются в обновлении и модернизации, включая замену устаревших котельных на более экологически чистые системы, улучшение изоляции трубопроводов и внедрение современных технологий управления и контроля.

Современные системы теплоснабжения значительно экономят ресурсы, более удобны в эксплуатации, соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям, менее габаритные и выглядят более эстетично. Благодаря технологиям и инновациям, мы наблюдаем переход к более эффективным и устойчивым системам теплоснабжения. Применение умных технологий и систем автоматизации позволяет оптимизировать работу систем, а интеграция с возобновляемыми источниками энергии уменьшает зависимость от ископаемых топлив и снижает выбросы парниковых газов.

Однако, необходимо отметить, что внедрение новых технологий и модернизация требуют значительных инвестиций и сотрудничества между различными заинтересованными сторонами. Государственная поддержка и разработка эффективных политик в сфере теплоснабжения играют важную роль в успешной реализации этих тенденций.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Седнин В. А. Теория и практика создания автоматизированных систем управления теплоснабжением // Минск: Изд-во БНТУ, 2005. – 192 с.

2. Тихомирова Т.И., Щетинин Н.А. Экологические вопросы использования альтернативных источников энергии // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – С. 135-137.

3. Попырин Л. С., Светлов К. С., Беляева Г. М. Исследование систем теплоснабжения // М.: Наука, 1989. 215 с.

4. Тихомиров К.В., Сергеенко Э.С. "Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция." Учеб. для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.

5. Цуверкалова О.Ф. Анализ современного состояния и тенденций развития отрасли теплоснабжения в РФ // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – № 11-3. – С. 554-559.

*УДК 621.565.954*

*Фаустова С.А., Васильева Н.А., Аманов С.*

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА**

Теплообменник – устройство, обеспечивающее передачу тепловой энергии от одной жидкости к другой. Теплообменники можно разделить на две основные группы в зависимости от используемого ими метода теплопередачи:

- Теплообменники с прямым контактом: в этих типах теплообменников две жидкости вступают в непосредственный контакт друг с другом, и тепло передается за счет смешивания жидкостей.
- Теплообменники с непрямым контактом: в этих типах теплообменников две жидкости разделены барьером, таким как металлическая стенка или поверхность теплопередачи. Тепло передается через поверхность барьера от более горячей жидкости к более холодной жидкости без непосредственного контакта жидкостей.

Пластинчатые теплообменники широко используются в различных отраслях промышленности, включая химическую, пищевую, фармацевтическую и энергетическую, для передачи тепла между двумя жидкостями. Их конструкция играет решающую роль в определении его эффективности теплопередачи и общей производительности.

Пластинчатые теплообменники обладают многими преимуществами по сравнению с другими типами теплообменников. Они компактны, обладают высоким коэффициентом теплопередачи и легко поддаются очистке и техническому обслуживанию. Кроме того, они могут использоваться для широкого спектра применений, таких как нагрев и охлаждение, испарение и конденсация, а также рекуперация тепла.

Пластинчатый теплообменник состоит из ряда тонких пластин с гофрированным рисунком, которые создают каналы для прохождения жидкостей. Пластины герметизированы вместе по своим краям, образуя

два отдельных канала для жидкости, при этом тепло передается от одной жидкости к другой через пластины. Пластины сконструированы таким образом, чтобы обеспечить максимальную площадь поверхности для теплопередачи при сохранении низких перепадов давления в теплообменнике (рис.1).

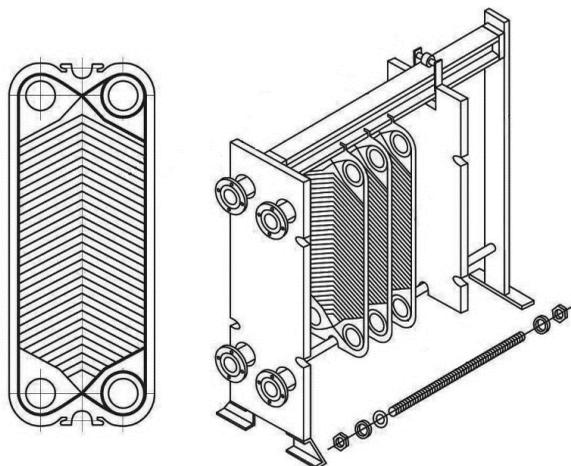


Рис. 1 Схема пластинчатого теплообменника

Несмотря на то, что пластинчатые теплообменники эффективны и надежны, всегда есть возможности для совершенствования. Вот несколько способов, с помощью которых можно улучшить эффективность работы пластинчатого теплообменника:

Толщина пластин может влиять на скорость теплопередачи. Более толстые пластины имеют низкую скорость теплопередачи, что снижает общую эффективность работы теплообменника. Следовательно, необходимо использование более тонких пластин для улучшения скорости теплопередачи и повышения производительности теплообменника. Однако более тонкие пластины могут быть более склонны к изгибу и их труднее чистить.

Материал, используемый для изготовления пластин, также может влиять на работу теплообменника. Материалы с более высокой теплопроводностью, такие как медь и алюминий, более эффективно передают тепло. Следовательно, использование пластин, изготовленных из этих материалов, может улучшить скорость теплопередачи и повысить эффективность теплообменника. Необходимо также учитывать другие факторы, такие как коррозионная стойкость и стоимость материалов.

Рисунок гофрирования пластин также может влиять на производительность теплообменника. Более глубокий рисунок гофры может создать большую турбулентность в потоке жидкости, что может улучшить скорость теплопередачи. Однако он также может увеличить перепад давления в устройстве, что может снизить общую эффективность. Поэтому важно найти правильный баланс между рисунком гофры и перепадом давления.

Большее расстояние между пластинами может уменьшить перепад давления в теплообменнике. Однако немалое расстояние между пластинами также может снизить скорость теплопередачи, что может снизить общую эффективность.

Расположение пластин также может повлиять на работу теплообменника. В некоторых случаях устройство с параллельным потоком может быть более действенным, чем устройство с противотоком. Следовательно, анализ потока жидкости и выбор подходящего расположения пластин может повысить эффективность теплообменника.

Размер пластин также влияет на результат работы теплообменника. Большой размер пластины может увеличить скорость теплопередачи, но это также может увеличить перепад давления в теплообменнике, что может снизить общую эффективность. Поэтому важно найти оптимальный баланс между размером пластины и скоростью теплопередачи.

Прокладочный материал, используемый для соединения пластин между собой, также является важным конструктивным соображением. Материал прокладки должен быть совместим с жидкостями, используемыми в теплообменнике, и должен выдерживать рабочую температуру и давление. Некоторые обычно используемые прокладочные материалы включают нитриловый каучук, EPDM и Viton.

Конструкция рамы и соединений пластинчатого теплообменника также важна для его производительности. Рама должна обеспечивать надлежащую поддержку для пластины и должны быть способны выдерживать рабочую температуру и давление. Соединения должны быть сконструированы таким образом, чтобы свести к минимуму перепады давления и турбулентность жидкости. Конструкция соединений также может повлиять на простоту обслуживания и очистки теплообменника.

Скорость потока жидкостей через теплообменник и коэффициент теплопередачи являются двумя важными факторами, влияющими на скорость теплопередачи. Расход жидкостей можно регулировать для оптимизации скорости теплопередачи и общей эффективности

теплообменника. Коэффициент теплопередачи может быть улучшен за счет увеличения турбулентности потока жидкости, например, за счет использования пластин с более глубоким рисунком гофрирования.

Конструкция теплообменника должна обеспечивать легкую очистку и техническое обслуживание. Пластины должны легко сниматься для чистки, а соединения должны быть сконструированы таким образом, чтобы обеспечить легкий доступ к внутренней части теплообменника. Конструкция также должна сводить к минимуму риск повреждения пластин во время очищения и технического обслуживания.

Проектирование пластинчатого теплообменника — это сложный процесс, который включает в себя ряд факторов, включая толщину пластины, материал, гофрирование, расстояние, расположение, размер, материал прокладки, конструкцию рамы и соединений, расход, коэффициент теплопередачи, загрязнение, а также очистку и техническое обслуживание. Каждый из этих факторов может повлиять на эффективность теплопередачи и общую работоспособность. Поэтому для оптимизации производительности теплообменника важно найти правильный баланс между этими факторами. Хорошо спроектированное устройство может повысить эффективность различных промышленных процессов и снизить потребление энергии и затраты.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Галимова А.Т. Пластинчатые теплообменники: методические указания / Галимова А.Т., Приданцев А.С., Сагдеев А.А. – Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2012. – С. 3-14

2. Саввин, Н. Ю. Совершенствование конструкции пластинчатого теплообменного аппарата / Н. Ю. Саввин // Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 2240-2244

3. Пластинчатый теплообменник для отопления – схема устройства [Электронный ресурс]: <https://tverdotop-kotel.ru/plastincatjy-teploobmennik-dla-otoplenia-shema-ustrojstva/>

4. Банных О.П. Основные конструкции и тепловой расчет теплообменников. Учебное пособие. СПбНИУ ИТМО, 2012. – С. 12-13

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИЛОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

В России жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) является крупнейшим потребителем энергии, где природные энергетические ресурсы страны используются крайне неэффективно, а денежные затраты на них с каждым годом возрастают.

Ухудшение экономики в таких сферах как жилое строительство и ЖКХ требует решения проблем, связанных с энергосбережением и энергоэффективностью.

В большинстве регионов России из-за довольно сурового климата отапливать жилые дома необходимо круглый год. В результате обогрев жилых домов обходится очень дорого. Поэтому при строительстве частного дома соблюдаются нормы энергосбережения [1].

Энергоэффективность здания зависит от материалов, используемых при формировании несущего каркаса, утеплителя, используемого при возведении стены, поскольку от этого зависит величина затрат на теплоснабжение и потерь тепловой энергии через наружные ограждения.

Ученые в настоящее время работают над энергосберегающими технологиями, такими как более эффективная теплоизоляция фасадов, легкий бетон, оконные конструкции с минимальными потерями тепла, система вентиляции с регулируемым тепловым обменом, установка новейших систем учета и регулирования тепловой энергии [2].

Также приоритетными направлениями энергосбережения в жилом строительстве являются использование современных балконов и входных дверей, установка котлов с повышенным КПД, теплообменников (рекуператоров), а также применение терморегулирующих устройств.

Причинами, снижающими энергоэффективность здания, являются части конструкции, имеющие пониженное термическое сопротивление, деформации несущих конструкций, воздухопроницаемость, влага, образующаяся внутри покрытий зданий.

Потери тепловой энергии образуются и через оконные проемы. Для их снижения применяют современные окна с многокамерными

стеклопакетами и створками с повышенной термостойкостью, нанесение специальных пленок и напыления.

Жилое здание соответствует нормам энергосбережения, если оно максимально использует тепловую энергию, выделяемую внутри здания, и обеспечивает максимальную защиту от потерь тепла через внешние поверхности и вентиляцию [3].

В свою очередь «энергоэффективные» здания делятся на два типа. Первые имеют низкий удельный расход тепла по сравнению с обычными зданиями. Здания второго типа обеспечивают себя собственными источниками энергии, и, следовательно, имеют низкие энергозатраты. Как правило, в качестве теплогенерирующих устройств применяются агрегаты на основе возобновляемых источников: тепловой насос, использующий низкпотенциальную тепловую энергию, ветряки, использующие энергию ветра, а также солнечные батареи и коллекторы для получения энергии солнца [4].

Одним из оптимальных решений является система рекуперации тепловой энергии. Она представляет собой процесс возврата теплого воздуха в помещение. Использование рекуперации тепловой энергии значительно снижает эксплуатационные расходы здания. Принцип данной технологии основан на использовании тепла ранее отработанного вытяжного воздуха для нагрева свежего приточного воздуха. Рекуперация позволяет экономично отапливать помещение, а также способствует естественному организованному воздухообмену, более безопасному для здоровья человека.

Для достижения наилучшего результата по получению энергии из возобновляемых источников на крыше энергоэффективного здания устанавливаются солнечные коллекторы (СК), в состав которых входит аморфный кремний, благодаря которому солнечная тепловая энергия более эффективно накапливается [5].

Большинство солнечных коллекторов не могут выступать в качестве основного и единственного источника тепловой энергии здания. В данном случае помимо обеспечения здания горячим водоснабжением, СК может и покрыть нужду потребителей в теплоснабжении. Однако если первоначальное утепление здания и разводка элементов отопления выполнены правильно, то коллекторы могут стать автономными отопительными приборами.

Солнечные коллекторы подбирают исходя из расчета площади отапливаемого здания, где будет установлен коллектор, и теплоизоляционных характеристик основных конструкций [6].

Таким образом, экономически целесообразным способом повышения энергоэффективности в сфере жилого строительства

является сочетание инженерных и конструктивных мероприятий с применением современных энергосберегающих технологий.

Энергосберегающие технологии позволяют не только сэкономить значительную часть энергоресурсов, но и снизить вредное воздействие на окружающую среду.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ващенко, Д. Д. Энергосберегающие технологии в строительстве / Д. Д. Ващенко // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 119-123.

2. Ишутин, А. А. Энергосбережение в строительной отрасли / А. А. Ишутин // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и трансферной безопасности: Материалы IX Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 18–23 апреля 2022 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2022. – С. 286-288.

3. Касьянов В.Ф., Козлов А.С. Энергосберегающие технологии в архитектурно-планировочных решениях при строительстве, реконструкции и технической эксплуатации жилых зданий // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 3. С. 41-43.

4. Колупаев И. В., Бегунов Е. А., Герман Н. И., Малышева Е. В. Энергосберегающие технологии при строительстве жилого дома // Актуальные проблемы развития технических наук. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2020. – С. 166-168.

5. 9 передовых технологий энергосберегающих домов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://remstroiblog.ru/natalia/2016/08/29/9-peredovyyih-tehnologiyenergoberegayushhih-domov/> (дата обращения: 04.04.2023).

6. Конохов, В. Ю. Отопление дома с помощью солнечных коллекторов / В. Ю. Конохов, Ю. С. Большедворский // Байкальская наука: идеи, инновации, инвестиции: Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 01 февраля 2022 года. Том Часть 1. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2022. – С. 77-80.

*Хайруллина А.М., Маслов И.Н.*

*Научный руководитель: Москаленко Н.И., д-р физ.-мат. наук, проф.  
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

## **ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА В ЭНЕРГЕТИКЕ**

Стремительный рост численности населения, а также повышение уровня технологического развития требуют увеличения вырабатываемой энергии: как тепловой, так и электрической [1-3]. Что требует увеличения количества сжигаемого топлива. Однако запасы основных сырьевых ресурсов ограничены. Добыча, переработка и сжигание угля, нефти, газа приносят колоссальный вред, связанный с большими объемами выбросов углекислого газа, в связи с чем происходит изменение климата на планете – парниковый эффект [1-3]. Поэтому, на данный момент, удовлетворение нарастающих потребностей общества в топливе, удовлетворяющем экологическим требованиям, обуславливает необходимость поиска, развития и внедрения альтернативных видов топлива [4-6]. Наиболее перспективными альтернативами традиционному топливу являются водородное и биогазовое топливо [2-4].

Водородное топливо является перспективным направлением развития транспортной энергетики и энергетики в целом [1-3]. Развитие данного вида топлива обусловлено следующими факторами, сопутствующими внедрению водородного топлива в энергетическую отрасль: снижение расхода топлива, повышение мощности энергоустановок, снижение концентрации углекислого газа в продуктах сгорания. Однако использование данного вида имеет существенные недостатки на данный момент. Производство, транспортировка и хранение водорода являются сложным дорогостоящим процессом. Помимо этого основную часть получаемого, на сегодняшний день, водорода нельзя назвать низкоуглеродным топливом, так как основная его часть добывается из ископаемого топлива, что сопровождается выбросом порядка 900 млн. тонн в год углекислого газа. Водород, получаемый из низкоуглеродистых источников, имеет ограниченную область применения – автомобильный транспорт.

Вторым не менее актуальным видом топлива является биогаз. Биогаз представляет собой вид топлива, образующийся вследствие разложения органических отходов в анаэробной среде. Сырьем для данного вида топлива могут послужить: органические отходы

предприятий, отходы сточных вод, отходы сельского хозяйства. Биогаз в основном представлен метаном ( $\text{CH}_4$ ), углекислым газом ( $\text{CO}_2$ ), сероводородом ( $\text{H}_2\text{S}$ ). На практике, применение биотоплива в автомобилях показало себя как действенное решение по сокращению выбросов парниковых газов (см. рисунок). Стоит понимать, что биотопливо, полученное из отходов различных промышленных, сельскохозяйственных, муниципальных и других предприятий является очень эффективным и экологическим решением. Развитие данного направления способствует не только замещению невозобновляемых энергетических ресурсов, но и способствует решению проблемы, связанной с утилизацией органических отходов. Однако использование биогазовых установок слабо развито в нашей стране, несмотря на то, что энергетический потенциал огромен [2]. Выбросы парниковых газов от использования различных видов топлива представлены на рисунке.

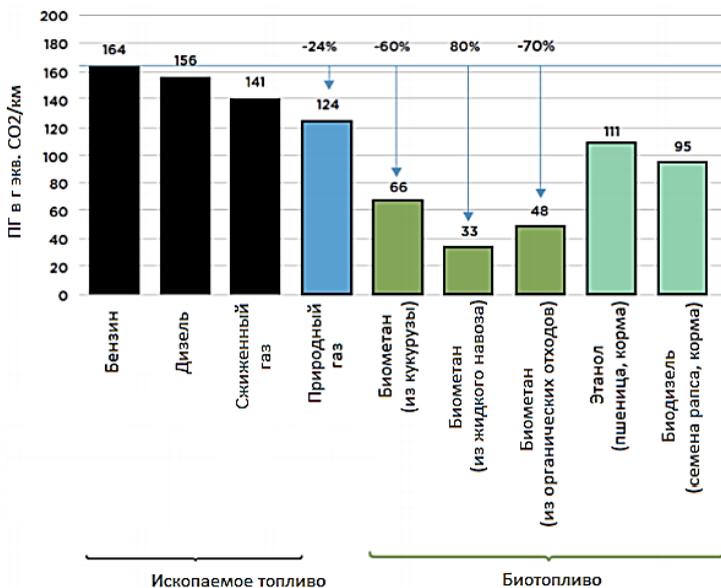


Рис. Выбросы парниковых газов от использования различных видов топлива

Рассмотренные альтернативные варианты топлива на данный момент больше находят применение в транспортной отрасли. Для интеграции в энергетическую отрасль необходимо обеспечить бесперебойную подачу топлива в больших объемах, что является одной из основных причин медленного освоения данных ресурсов. Также

использование данных видов топлива экономически не целесообразно, так как традиционные виды топлива являются более дешевыми и не являются дефицитными. Развитие данных видов топлива должно проводиться в рамках межотраслевых национальных проектов, повышающих энергоэффективность других промышленных отраслей (например, сельскохозяйственной отрасли).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Горлов А.Н. Влияние водородного топлива на работу газотурбинной установки при работе на оптовом рынке электрической энергии и мощности // Международный технико-экономический журнал. 2022. № 1. С. 17-26.

2. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Савина М.В. Добавление водорода к топливному газу для повышения энергетических характеристик газотурбинных установок // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021. Т. 25. № 3(158). С. 342-355. DOI 10.21285/1814-3520-2021-3-342-355.

3. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 84-92.

4. Газовая турбина, работающая в составе тепловой электрической станции с водородным накопителем / Г. Е. Марьин, Б. М. Осипов, А. В. Титов, А. Р. Ахметшин // . – 2023. – № 1(406). – С. 23-35. – DOI 10.15518/isjaee.2023.01.023-035. – EDN ZZEXPK.

5. Марьин Г.Е., Сопина Ю.В. Перспективы применения водорода в энергетике // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Материалы конференции, Белгород, 30 апреля – 20 2021 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. С. 4160-4163. EDN DFRRQF.

6. Сопина Ю.В., Марьин Г.Е. Влияние технологий аккумулирования электрической энергии на развитие возобновляемых источников энергии // Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. С. 4430-4433. EDN RZFYRH.

*Хвостова П.В., Догонина А.О., Рязанцев Д.В., Калюжный Д.А.  
Научный руководитель: Крюков И.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ВИДЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Основная задача системы вентиляции птицеводческих ферм – это удаление внутреннего отработанного воздуха из помещения и замена его наружным чистым воздухом, а также поддержание требуемых параметров микроклимата помещения. К таким параметрам относят температуру внутреннего воздуха, относительную влажность, подвижность воздуха, газовый состав, содержание различных вредностей, выделяемых в процессе жизнедеятельности птицы.

Согласно [1] в закрытых помещениях с плохо организованной системой вентиляции и высокой влажностью (80-90%) снижается яйценоскость птицы, а также велик риск ее заболеваемости и падежа. Стоит также отметить, что во влажном воздухе дольше живут различные микроорганизмы, являющиеся возбудителями заразных болезней.

Температура внутреннего воздуха влияет на выработку тепла в организме птицы. Низкая температура увеличивает теплоотдачу птицы, а высокая – накоплению тепла, ведущего к перегреву.

Содержание различного рода вредностей, образуемых в процессе жизнедеятельности птицы, негативно сказывается на состоянии птицы и ее продуктивности. К таким вредностям относят углекислый газ, аммиак, сероводород, пыль.

Проектирование систем вентиляции птицеводческих ферм необходимо выполнять с учетом требований нормативной документации [2-4]. Данные требования устанавливают необходимые параметры температуры внутреннего воздуха, относительной влажности, подвижности воздуха, а также предельно-допустимые концентрации вредностей.

Согласно РД-АПК 1.10.05.04-13 [4] предельно-допустимые концентрации вредностей в воздухе для птицеводческих предприятий не должны превышать значений:

- диоксид углерода – 0,25% (объемных);
- аммиак – 15 мг/м<sup>3</sup>;
- сероводорода – 5 мг/м<sup>3</sup>.

Предельно-допустимые концентрации пыли в воздухе различаются в зависимости от возраста птицы:

- для взрослого поголовья –  $5 \text{ мг/м}^3$ ;
- для молодняка в зависимости от возраста (в неделях) – от 1 до  $4 \text{ мг/м}^3$ .

Количество углекислого газа, водяных паров и теплоты, выделяемые птицей в течение 1 часа на 1 кг живой массы представлено в [4, таблица 26].

Для учета количества выделяемых вредностей в случае, когда расчетные параметры воздуха отличаются от расчетных, необходимо учитывать поправочные коэффициенты [4, таблица 27]. Также учитывается и поступление вредностей от подстилки и помета в течение 1 часа с  $1 \text{ м}^2$  поверхности [4, таблица 28].

Существует 2 вида систем вентиляции, используемых на птицефермах: естественная и принудительная (механическая).

При естественной вентиляции движение воздуха осуществляется за счет гравитационного перепада давлений при разности плотностей наружного (холодного) и внутреннего (теплого) воздуха. Такая вентиляция более дешевая, т.к. не требует дополнительного оборудования для побуждения движения воздуха. Приток наружного воздуха может осуществляться через открытые окна, а удаление отработанного воздуха происходит через вытяжные каналы. Однако эффективность работы такой системы сильно зависит от температуры наружного воздуха. Например, в теплый период года, когда температура наружного воздуха выше температуры внутреннего воздуха, отсутствует перепад давления и система естественной вентиляции практически не работает. В холодный период года в помещение поступает холодный наружный воздух, что приводит к снижению температуры внутреннего воздуха и возникновению сквозняков. Так же к минусам работы системы естественной вентиляции относится низкая степень автоматизации, отсутствие возможности регулирования параметров микроклимата и невозможность полного удаления вредностей.

При принудительной вентиляции движение воздуха осуществляется за счет работы вентилятора. Такая система является эффективной вне зависимости от времени года. К преимуществам такой системы относится возможность охлаждения или подогрева приточного воздуха, отсутствие сквозняков и застойных зон, высокая автоматизация – при наличии специального оборудования поддерживаются оптимальные параметры микроклимата. Существует приточная вентиляция – осуществляется подача обработанного

наружного воздуха, вытяжная вентиляция – осуществляется вытяжка и удаление отработанного воздуха, приточно-вытяжная – комплексная система, обеспечивающая приток и вытяжку.

Выделяют также комбинированную систему вентиляции, когда для подачи приточного воздуха используется система естественной вентиляции, например, через открытые окна или проемы, а вытяжка отработанного воздуха производится системой принудительной вентиляции.

Для организации системы вентиляции на птичниках существует несколько различных схем расстановки оборудования [5]. Выбор подходящей схемы определяется климатическими условиями в регионе, конструкцией здания, производственным назначением птичника, способом содержания птиц и т.д.

Поперечная вентиляция – при такой вентиляции наружный воздух поступает через **приточные форточки**, расположенные в одной стене птичника, а выводится вытяжными **вентиляторами**, установленными в противоположной боковой стене (рис. 1). Данная вентиляция универсальная, способна перемещать как незначительные, так и большие объемы воздуха.

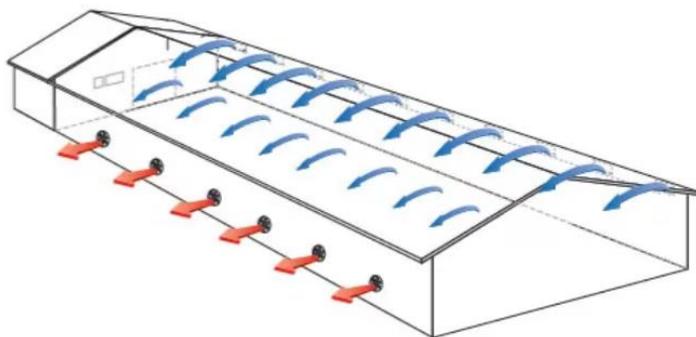


Рис. 1 Поперечная вентиляция птичника

Продольная вентиляция – при такой вентиляции приточные форточки расположены с обеих сторон птичника (рис. 2). Все **вытяжные вентиляторы** устанавливаются в торцевой стене. Данная вентиляция максимально подходит для регионов с мягким климатом, где изменение температуры в течение сезонов года выражены не сильно. Такое устройство вентиляции требует минимальных затрат на оборудование.

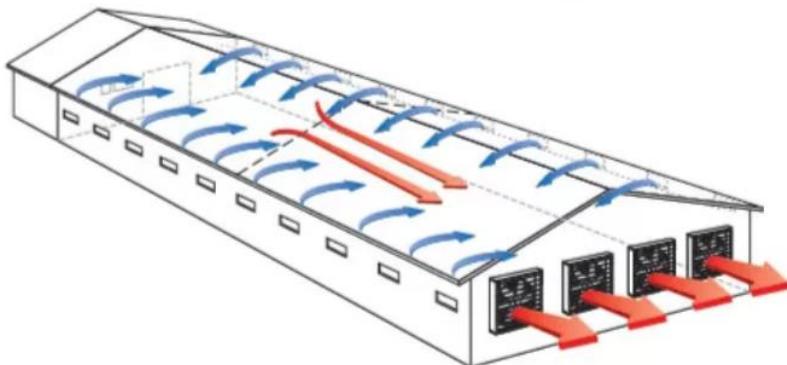


Рис. 2 Продольная вентиляция птичника

Крышная вентиляция – при такой схеме вытяжные вентиляторы установлены в **крышных шахтах** (рис. 3). Приточные клапаны равномерно распределены по продольным стенам. Данный тип подходит для холодных климатических зон. Он позволяет хорошо управлять маленькими объемами воздуха. При необходимости использования больших объемов воздуха эксплуатация такой системы может оказаться очень дорогой, так как требует установки большого количества приточных клапанов и вентиляторов.

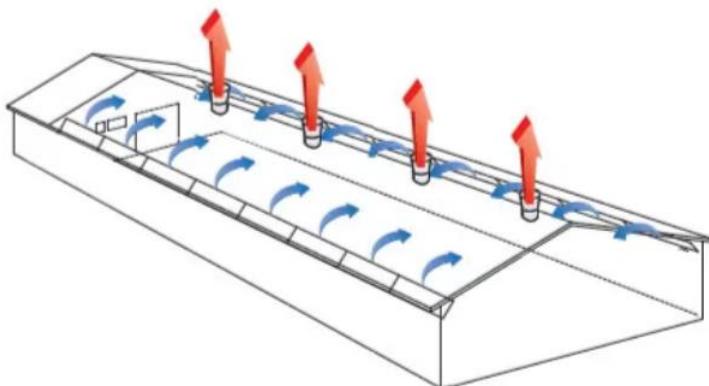


Рис. 3 Крышная вентиляция птичника

**Туннельная вентиляция** – при такой схеме вентиляторы установлены в торцевой стене, а воздух поступает через приточные устройства (жалюзи) во фронтальной стене или передней части боковых стен (рис. 4). Такая система позволяет создать в помещении высокую

скорость движения ветра, которая оказывает охлаждающий эффект на птицу (эффект охлаждения). Такая вентиляция применяется в жарком климате.

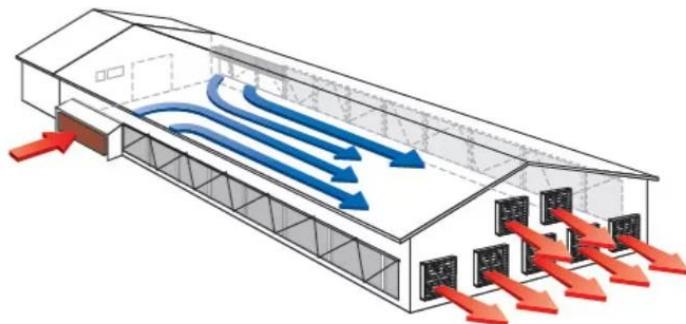


Рис. 4 Туннельная вентиляция птичника

Вентиляция для каждой конкретной фермы должна подбираться индивидуально и зависит от: региона, формы, конструкции и расположения здания, поголовья птицы и т.д. Важно подобрать подходящую вентиляцию для рационального использования помещения, сокращения электрозатрат, безопасного пребывания людей в помещении и эффективного содержания птиц [6].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аликаев В.А. Зоогигиена М.: Колос, 1970. 248 с.
2. СП 106.13330.2012 Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения.
3. РД-АПК 3.10.07.05-17 Ветеринарно-санитарные требования при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации животноводческих помещений.
4. РД-АПК 1.10.02.04-12 Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий.
5. Как работает вентиляция в птичнике. <https://sagrada.biz/press-centr/stati/kak-rabotaet-ventilyatsiya-v-ptichnike>.
6. Ильина Т.Н., Колесников М.С., Крюков И.В., Орлов П.А. О способах обеспечения воздухообмена в цехах животноводческих комплексов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 3. С. 46–55. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-46-55

*Хвостова П.В., Догонина А.О., Рязанцев Д.В.  
Научный руководитель: Крюков И.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ВИДЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПРЕДПРИЯТИЯХ КРС**

В каждом животноводческом помещении должна быть предусмотрена вентиляция. Её исправная работа обеспечивает безопасность нахождения людей и животных в помещении. В ходе жизнедеятельности скота выделяются различные вредности, неблагоприятно влияющие на состояние животных. По средствам вентиляции излишнее тепло, пыль и запахи должны быть удалены из помещения, а на их место приведен свежий воздух[1].

Существуют некоторые требования, необходимые к выполнению на предприятиях, содержащих крупный рогатый скот. Проектирование вентиляции необходимо осуществлять в соответствии с [2] и [3]. В соответствии с этими документами принимается ПДК вредностей. Количество допустимых вредностей для скота разного возраста отличается. Для телят допускается содержание в воздухе:

- диоксида углерода 20%-25%
- аммиака 10-15 мг/м<sup>3</sup>
- 5 мг/м<sup>3</sup> сероводорода.

Для молодняка и взрослого скота допускается:

- диоксида углерода 25%,
- аммиак-20 мг/м<sup>3</sup>
- следы сероводорода.

Допустимая концентрация пыли зависит не только от возраста, но и от способа содержания скота: привязанные, непривязанные, на глубокой подстилке, родильное отделение и профилакторий. Допустимо повышение содержания пыли на 5 мг/м<sup>3</sup> во время кормления скота.

Животных на фермах содержат в длиннопролетных амбарах. Вентиляция в таких помещениях не должна оставлять “застойных” зон и должна быть эффективна по площади всей территории. Оптимальной считается подача воздуха сверху и под углом 12-14 °, а после удаление воздуха.

Так же важно учитывать, что вентиляция в разные периоды года имеет немного разные критерии. Летом она должна избавляться от вредностей и излишнего тепла, обновлять воздух в помещении. Коровы

очень восприимчивы к перегреву. Зимой же наоборот, подаваемый воздух должен быть нагретым для комфортного содержания скота. [4]

Системы вентиляции в животноводстве.

Естественная система.

Этот вид вентиляции основывается на действии физических законов. Разность давлений обеспечивает поступление свежего воздуха в помещение через предусмотренные (окна форточки, световой конек) и не предусмотренные (щели, зазоры) проемы (рис.1). Используется только в маленьких хозяйствах. Возможность установки такой системы определяется температурой в разные времена года. Допускается использование такой системы летом, если скот выводят из амбара во время днем, и заводят на ночлег. Зимой необходимо дополнительное отопление [6].

Такая система не может поддерживать микроклимат и в полной мере удалять застоявшийся воздух, не сможет справиться с застойными зонами. Не подходит для содержания большого поголовья КРС.



Рис. 1 Естественная вентиляция в коровнике

Искусственная (принудительная или механическая);

Принудительная вентиляция эффективна в любое время года. Она может быть приточной, вытяжной и приточно-вытяжной. Самой эффективной является приточно-вытяжная система, т.к. осуществляется и подача и отведения воздуха. Такая вентиляция так же может подавать нагретый воздух в холодное время года, удалять вредности, поддерживать микроклимат, имеет автоматизированную

систему. Отлично подходит для больших ферм, но имеет высокую стоимость не только в установке и расчете оборудования, но и большое энергопотребление. (рис.2)



Рис. 2 Искусственная вентиляция

#### Комбинированная

Сочетает в себе искусственную и автоматизированную системы. Отлично подходит для регионов с сезонными перепадами температур.



Рис. 3 Комбинированная вентиляция

Вентиляция разделяется так же по способу подачи воздуха

#### 1. Разгонные (потолочные) вентиляторы

Самый часто используемый вид вентиляции в коровнике. Вентиляторы устанавливаются на высоте 2,5м, монтируются под крышей и могут быть установлены в вертикальном (рис. 3) или горизонтальном положении. Вентиляторы не дают воздуху застаиваться, разгоняют его по всей территории коровника. Мощность потока воздуха

регулируется дистанционно. Самый удобный вариант для больших помещений, однако требует высоких потолков для предотвращения аварийных ситуаций и больших экономических затрат на установку и техосмотр несколько раз в год.

## 2. Шторы

Конструкция устанавливается непосредственно в стены здания. При необходимости они могут приоткрываться, открываться полностью или поворачиваться под углом. Бывают автоматическими или могут открываться вручную. Могут располагаться в поперечной, продольной или в поперечной и продольной стенах. Даже в летний период достойно удаляют излишнее тепло при правильном расположении. Но подбор и установка таких конструкций может обойтись в большую сумму. При неправильной установке в помещении будут эффективны только зимой.



Рис. 4 Система вентиляционных штор

## 3. Шахты

В крыше здания устанавливаются широкие трубы, которые для предотвращения попадания осадков имеют козырек с наружной стороны (рис. 2). Этот способ организации вентиляции является самым универсальным. Он отлично справляется с отведением воздуха в холодный период года, а в случае больших теплотерь можно перекрыть шахту гравитационным клапаном. К плюсам так же относится дешевизна установки и эксплуатации. К минусам можно отнести неспособность обеспечивать отведение тепла в жарком климате. Если в шахты установлен специальный электрический подпорный вентилятор, то с выведением воздуха и излишней влаги даже в теплый период времени не будет проблем.

Правильно подобранная вентиляция действительно может влиять на здоровье и жизнедеятельность КРС. При достаточном обеспечении

свежим воздухом увеличивается размер надоев. При недостатке влаги коровы будут пить больше воды и меньше есть, что скажется на количестве молока, которое может принести вся ферма. Для каждой фермы параметры и расположение вентиляции должны быть подобраны индивидуально.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аликаев В.А. Зоогигиена М.: Колос, 1970. 248 с.
2. СП 106.13330 Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения.
3. РД-АПК 1.10.01.01-18 Методические рекомендации проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота
4. РД-АПК 3.10.07.05-17 Ветеринарно-санитарные требования при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации животноводческих помещений.
5. Системы вентиляции коровника <https://sagrada.biz/press-centr/stati/sistemy-ventilyatsii-korovnika-skhemu-i-normy-vozdukhoobmena/>
6. Ильина Т.Н., Колесников М.С., Крюков И.В., Орлов П.А. О способах обеспечения воздухообмена в цехах животноводческих комплексов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 3. С. 46–55. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-46-55

### УДК 67.05

*Хвостова П.В., Догонина А.О.*

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ОТ УДАРА МОЛНИИ

Молния - природное явление, имеющее разрушительную силу, способную повредить склады, заводы, линии электропередач, особенно молния опасна для жизни и здоровья человека и всех живых существ. Явление молнии представляет собой мощный искровой электрический заряд, возникающий между заряженными частями облака или облаком и землей. Для предотвращения попадания молний в строения и обеспечения безопасности была создана конструкция громозащиты [2].

Под грозовым облаком, на поверхности земли и всех находящихся на ней объектах, накапливаются положительные заряды. Заряд лидер устремляется к земле, траектория его движения не прямолинейна, заряд выбирает путь с наименьшим сопротивлением и стремится в место, где концентрация индуцированных зарядов максимальна. На основе знания об образовании молнии и была создана молниезащита. Громоотвод бывает двух типов: пассивный и активный [3].

Основой активной молниезащиты можно считать молниеприемник. Устройство обычно расположено на крыше здания и самостоятельно активируется при приближении грозового фронта. По мере нарастания напряженности поля поверхности земли напряжения на молниеотводах нарастают, а конденсаторы заряжаются. Когда напряжение составляет 12-14 кВт, разрядники создают искусственный заряд лидер с напряжением до 200 000 В. Он перехватывает естественный заряд лидер, тем самым не давая молнии попасть в объект, защищаемый громоотводом [1,4].

К достоинствам такой системы можно отнести: большой радиус покрытия, высокий уровень защиты и автономность работы. Так же такой вид защиты подходит для использования на строительных площадках, в портах или в местах с большим количеством людей. Такая молниезащита имеет довольно миниатюрную конструкцию (относительно пассивной), поэтому не влияет на внешние характеристики конструкции, но в частных домах и маленьких конструкциях обычно не используется [6]

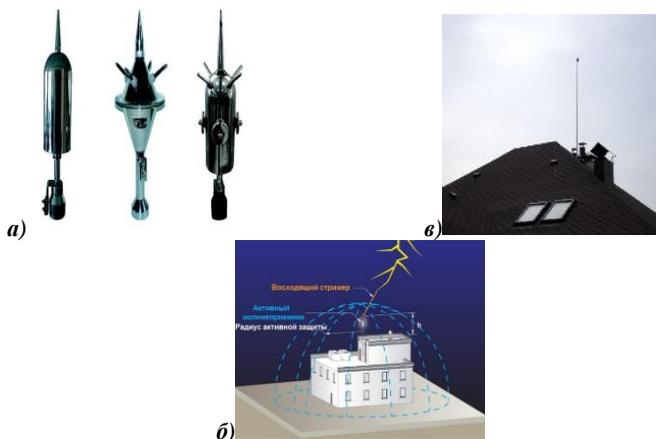


Рис. 1 Активная молниезащита: а– Молниеприемник; б– Площадь покрытия активной молниезащиты; в– Активная молниезащита на крыше жилого дома

Пассивная молниезащита значительно проще и дешевле. Металлический стержень устанавливается на крыше строения и называется молниеприемником. Далее заряды направляются в токоотводы, их принято располагать в удалении от оконных и дверных проемов. Через токоотводы заряд перенаправляется в заземлители, расположенные в грунте. Такой вариант громоотвода используется значительно чаще и на частных домах расположена преимущественно пассивная система. При монтаже такой системы необходимо помнить, что площадь покрытия пассивной защиты в несколько раз меньше чем у активной, поэтому обычно устанавливается несколько молниеприемников. Должны быть произведены специальные расчеты для определения количества и расположения молниеприемников, иначе не будет обеспечена должная безопасность [1,5].



Рис. 2 Пассивная молниезащита

Для каждого здания необходимо устанавливать систему громоотвода, которая в первую очередь должна быть эффективна. Для этого для каждого объекта необходимо производить индивидуальный расчет и соблюдать правила монтажа.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сафронова И.Г. Шнайдер Н.В. Тарбеев А.С. Традиционные и альтернативные способы молниезащиты объектов
2. ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы
3. Харламенков А.С./ текст научной статьи современная защита зданий и сооружений. часть 1
4. Активные и пассивные системы защиты от молнии / : [сайт]. <https://svetli-dom.ru/provodka/aktivnyj-molniepriemnik-2.html>
5. Молниезащита зданий, сооружений, и оборудования / : [сайт]. <https://fireman.club/statyi-polzovateley/molniezashhita-zdaniy-sooruzheniy-oborudovaniya-i-kommunikatsiy/>

6. Саввин, Н. Ю. С13 Теплотехника: курс лекций. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. – 161 с.

УДК 553.981.2

*Хвостова П.В., Догонина А.О.*

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ГРОВОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Гроза (молния) - это мощный разряд, возникающий, когда облако или земля сильно заряжены.



Рис. 1 Молния

Разряды молнии могут обнаруживаться в облаках, между электрически заряженными облаками и между электрически заряженной землей и облаками. Разряды молнии возникают, когда появляется перепад потенциалов среди соседними облаками или между облаками и землей.

Электрификация - это процесс создания чего-нибудь электрически нейтрального и электрически заряженного [3].

Грозовое облако – это большое количество пара, который конденсируется в небольшие куски льда либо капли. Верхний участок грозового облака заряжен положительно, а нижний – отрицательно [4].

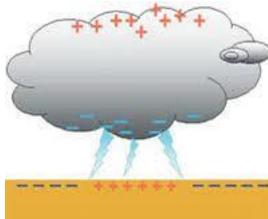


Рис. 2 Грозовое облако

Обычно 1 грозное облако складывается из многих разрядов, каждый из которых продолжается только около 1 секунды из десятков миллионов минут.

Что интересно в качестве противоположной энергии, так это "энергия молнии", которая производит энергию, воспринимая энергию молнии и направляя ее в сеть. Это вид энергии, который пользуется восстанавливаемыми источниками энергии и относится к альтернативной энергетике.

Это все еще теоретически. Его суть содержится в улавливании энергии молнии и перенаправлении ее в электросеть. Подобные источники энергии представляются возобновляемыми, и специалисты полагают это альтернативной энергией, то есть экологически безопасной [2].

Молния - достаточно глубокий процесс. Ключевым разрядом в электрически заряженном облаке представляется электрический поток в соединении со стримером (разрядом), который вытесняет его из облака на землю. За этим лидирующим разрядом образуется огненный электровалентный канал. По этому пути разряда фундаментальный ток удаляется от Земли и освобождается на поверхность сильным гальваническим полем. Этот процесс протекает со скоростью света и повторяется много раз за одно мгновение. Основная задача значит в том, чтобы уловить этот разряд и сосредоточить его в электросеть [1].

Информация о небесном электричестве притягивала интерес людей очень давно. Бенджамин Франклин провел исследование по запуску воздушного змея во время грозы и в результате обнаружил, что в воздушном змее будут копиться гальванические заряды.

Если разговаривать об энергии молнии, то 1 разряд приносит 50 миллиардов джоулей чистой энергии, что эквивалентно 145 литрам бензина. Эксперты подсчитали, что 1 удар молнии сможет покрыть жителей Соединенных Штатов на 20 минут. Кроме того, учитывая, что 1,5 миллиарда ударов молнии обрушиваются на Землю каждый год (от 1 до 40-50 раз в секунду), перспектива истинно тревожная [5].

В 2006 году Alternative Energy Holdings объявила, что удачно провела демонстрационный опыт по улавливанию молнии и преобразованию ее в энергию для бытовых нужд. Если розничная стоимость на электроэнергию является 1,0,005 юаня за киловатт-час, вы можете приобрести юани после 4-7 лет", - говорит Alternative Energy Holdings. Впрочем серия экспериментов, по-видимому, не дала внушительных результатов, и руководитель проекта закрыл ее. С тех пор на энергию молнии и энергию атомных бомб смотрели одинаково.

Если преодолеть вопрос с отслеживанием молний, грозовая энергетика одной из самых недорогих и экологичных видов альтернативной энергетики, так как является восстанавливаемым ресурсом.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моделирование движения теплоносителя в трубчатых радиаторах отопления / Л. А. Кушев, В. Н. Мелькумов, Н. Ю. Саввин, В. В. Чуйко // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2022. – № 4(68). – С. 40-49. – DOI 10.36622/VSTU.2022.68.4.004. – EDN RVBMJF. (дата обращения 18.04.2023 год).

2. Интенсифицированный пластинчатый теплообменный аппарат в системах теплоснабжения ЖКХ РФ / Л. А. Кушев, В. А. Уваров, Н. Ю. Саввин, С. В. Чуйкин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2021. – № 2(62). – С. 60-69. – DOI 10.36622/VSTU.2021.62.2.004. – EDN QPAKQJ. (дата обращения 18.04.2023 год).

3. Саввин, Н. Ю. С13 Теплотехника: курс лекций: учебное пособие / Н. Ю. Саввин. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. – 161 с.

4. Сафронова И.Г. Шнайдер Н.В. Тарбеев А.С. Традиционные и альтернативные способы молниезащиты объектов

5. Ершов Сергей Викторович, Костяновский Дмитрий Александрович/ текст научной статьи “надежность работы установок с активным молниеотводом”

*УДК 553.981.2*

*Хвостова П.В., Догонина А.О.*

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ВИДЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Нынешнюю систему молниезащиты возможно разбить на пассивную систему молниезащиты и активную систему молниезащиты. Следует отметить, что существует еще внутренняя концепция молниезащиты, которая применяется для борьбы с перенапряжениями, появляющийся при прямом падении молнии и представляющими огромную опасность для установки электрооборудования. Данный вариант предохранения исполнен в виде особых устройств,

смонтированных на основном электрическом щите. Обыкновенный молниеотвод делится на 3 типа, в числе которых последующие варианты молниеотводов [1,3].

- Производится в виде стержня



Рис. 1 Стержневой молниеотвод- Сетка железная ;



Рис. 2 Молниеприемная сетка- Тросовый вариант.



Рис. 3 Тросовый молниеотвод

Выбор молниеотвода зависит от типа крыши и типа используемого кровельного материала.

Конструктивная молниезащита основана на применении современных молниеотводов, в которых предусмотрены последние преимущества в области охраны сооружений от природных влияний энергии. В традиционных системах молниезащиты в обязательном порядке надо было проводить проводку по всей крыше, но на очень больших отделах современных строений подобная "обшивка" сможет

оказаться очень дорогой задачей. Для активной налаженности молниезащиты ее монтаж достаточно прост, установить 1 активный молниеотвод на крыше [2,4].

Эта конструкция имеет многозначный эстетический вид для здания, к тому же она очень неприхотлива в обслуживании. В зависимости от типа, устанавливаемого на крыше, и высоты установки, дальность покрытия может достигать 100 м [5].

Это означает, что вы вдобавок можете предохранить соседние сооружения и запаркованные вблизи автомобили, для этого необходимо верно подобрать тип молниеотвода

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Modern methods of intensification of heat exchange processes in plate apparatuses / N. Yu. Savvin, L. A. Kushchev, A. I. Alifanova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering./ P. 012001. – DOI 10.1088/1757-899X/945/1/012001. – EDN OPVVKP.

2. Куцев, Л. А. Компьютерное моделирование движения теплоносителя в гофрированном канале пластинчатого теплообменника / Л. А. Куцев, В. Н. Мелькумов, Н. Ю. Саввин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2020. – № 4(60). – С. 51-58. – DOI 10.36622/VSTU.2020.60.4.005. – EDN QEMGOY.

3. Харламенков А.С./ текст научной статьи современная защита зданий и сооружений. часть 1

4. ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы

5. Ершов С. В., Костяновский Д. А. \ надежность работы установок с активным молниеотводом <https://cyberleninka.ru/article/n/nadezhnost-raboty-ustanovok-s-aktivnym-molnieotvodom>

УДК 697.328

*Хвостова П.В., Догонина А.О., Тополев Д.П.*

*Научный руководитель: Елистратова Ю.В., канд. техн. наук, доц.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СФЕРЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В теплоэнергетическом секторе предполагается 4-кратное повышение спроса на программные решения в связи с необходимостью

увеличения производительности в условиях тарифных ограничений и ужесточения природоохранных требований [1]. Цифровая энергетика содержит в себе не только источники тепла, но и модернизацию объектов по передаче и распределению тепловой энергии. Вектор всемирной цифровизации располагает к становлению «умных» инженерных систем и объектов, которые должны обеспечивать рост показателей энергоэффективности топливно-энергетического комплекса [2,3].

Проблемы, которые возможно разрешить путем введения цифровизации, включают в себя сокращение периода отключения потребителей от источников тепла, снижение количества аварий в случае аварии, повышение качества управления операциями и диспетчеризации транспортных средств, увеличение энергоэффективности сети за счет сокращения потерь тепла и производства лишнего топлива на источниках тепла, сокращение затрат на техническое обслуживание и, в конечном итоге, предупреждение роста тарифов и снижение затрат на страхование [4].

С помощью инструментов планирования, мониторинга и управления возможно автоматизировать процессы во всех первостепенных областях теплового хозяйства, начиная с производства тепловой энергии и далее [5].

Рассмотрим на примере уже реализованной концепции "Цифровой двойник" итоги проведенной цифровизации [6]: "Цифровой двойник" неизменно контролирует производство и перевозку теплоносителей от источника тепла до окончательного потребителя, а также позволяет быстро показывать повреждения тепловой сети и устранять их в короткие сроки. Благодаря этому МФУ ремонтная кампания 2021 года в Екатеринбурге была проведена без перебоев (или с минимальными перебоями) в горячем водоснабжении потребителей.

Кроме того, повреждения тепловых сетей были снижены на 10%, а потери тепла - на 1,5%. В будущем "Цифровой двойник" он будет применяться и в других тепловых сетях. В конце 2021 года компания начала конструирование "цифрового двойника" ТЭС. Этот проект ценою 37700 млн рублей будет реализован на ТЭС Академическая и Ново-Свердловская компании, который будет применяться для мониторинга производства энергии.

Следует понимать, что цифровая трансформация системы теплоснабжения требует использования цифровых технологий во всех структурных элементах системы без исключения, что подразумевает формирование общей цифровой платформы или системы.

Развитие цифровой экономики активно поддерживается и регулируется нормативными документами [7,8]. Что в ключевой форме располагает владельцев бизнес-процессов принимать инновационные решения в собственной сфере деятельности, не исключение жилищно-коммунальный фонд и теплоэнергетический комплекс в целом.

Так ступени развития системы теплоснабжения имеют собственную градацию, которую можно интерпретировать со стороны внедрения и продуктивного использования новейших решений в различных областях техники. На рис. 1 представлены эволюционные характеристики в развитии систем теплоснабжения, которые отчетливо отражают взаимосвязь функционирования структурных элементов в системе теплоснабжения на базе систем автоматического управления, которая трансформируется в цифровое единство всех элементов системы в 4-м поколении.

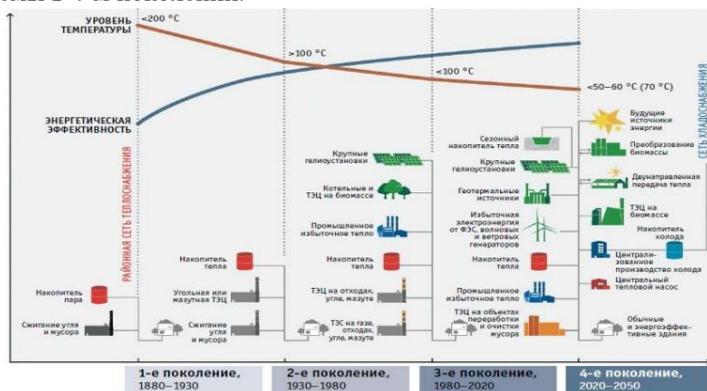


Рис. 1 Эволюционные характеристики в развитии систем теплоснабжения

Наглядным примером системы теплоснабжения 4-го поколения служит проект Anshan (Китай). Основная идея формирует взаимосвязь различных промышленных структур по выработке избыточного тепла, ресурсы геотермальной и солнечной тепловой энергии с целью использования в системах теплоснабжения.

Трансформация тепло-энергетического комплекса, находящегося на стадии 3-го поколения к единой устойчивой энергетической системе 4-го поколения требует полномасштабного осмысления процессов взаимодействия различных систем в формате «умных» цифровых систем, а именно интеграция электро-, тепло- и холодоснабжения.

Таким образом, цифровизация теплоснабжения сейчас представляется одним из значительных направлений формирования отрасли ЖКХ. Полноценный переход систем теплоснабжения в

категорию 4-го поколения требует разработки инновационных стратегий, позволяющих осуществить сопряжение цифровой и инженерной инфраструктуры. Только при таком условии перспектива становления единой цифровой экосистемы позволит функционировать каждому объекту инженерной сети в качестве цифрового звена.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уткина В.Н. Проблемы и перспективы внедрения технологии информационного моделирования в области строительства в России: проблемы и перспективы внедрения / В.Н. Уткина, С.Ю. Грязнов Д.Ф. Бабушкина // Основы ЭУП №1.-2019. - С. 57-60.

2. Соловьев, В.И. Цифровая трансформация систем теплоснабжения муниципального образования [Электронный ресурс] // Информационные и математические технологии в науке и управлении. - 2019. - №2. - Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-sistem-teplosnabzheniya-munitsipalnogo-obrazovaniya> (дата обращения: 15.10.2022).

3. Елистратова Ю. В., Елистратов Д. В., Гайдаш Д. С. Перспективы информационного моделирования при проектировании инженерных систем // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе. Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов. В 2-х томах. Том I. Отв. редактор А.Н. Халин . Тюмень, 2022. – 26-29.

4. Ефремова Н.А. Особенности цифровизации российских предприятий в современных условиях / Н.А. Ефремова, Г.В. Игнатова. // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета № 3. - 2018. - С. 20-22.

5. Елистратова, Ю.В. К расчету фактического теплотребления жилых зданий / Ю.В. Елистратова, Т.Г. Огаркова // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – 2014. – С.230–234.

6. Официальный сайт представителя <https://www.cadferm-cis.ru>

7. Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы».

8. Распоряжение Правительства РФ №1632-р от 28.07.2017. Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской

**УДК 553.981.2**

*Хвостова П.В., Догонина А.О., Тополев Д.П.  
Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

**НАЗНАЧЕНИЕ И ФУНКЦИИ ГРОМООТВОДА**

Молниеотвод - это устройство, используемое для защиты сооружения от электричества (молнии) в атмосфере. Молниеотвод представляет собой стержень с наконечником, установленный над выступающей фрагментом здания. основа соединена проволокой с металлической пластиной, закопанной в грунт до уровня донных вод. Атмосферное электричество на наконечнике стекает по проволоке в землю, не затрагивая строение [5].

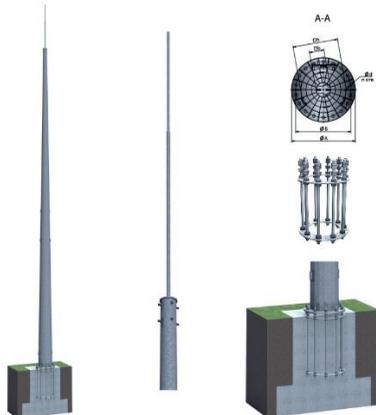


Рис. 1 Молниеотвод

Молниеотводы, громоотводы - устройства, устанавливаемые в зданиях и сооружениях для защиты от ударов молнии. Молниеотводы издавна считаются неременной защитой строений от подобных природных явлений. Это учитывалось уже на стадии проектирования. При помощи нынешних технологий подготовки молниеотводов, риск поражения сооружений молнией существенно снизился [1].

Первый работающий громоотвод был использован около 40 лет назад, приблизительно за четверть века до официального открытия Бенджамина Франклина на Невьянской башне на Урале был построен молниеотвод. Первый образец молниеотвода представлял собой маленькую сферу диаметром около 30 см и пирамидообразный шип различной длины. Молниеотвод - это устройство для защиты от ударов молнии в облик заостренного металлического стержня и заземляющего электрода. Е. Подобные устройства независимы и не требуют обслуживания. Процесс обороны от ударов молнии базируется на эффекте передвижения ее под землю путем незначимого изменения траектории заряда. Механизмы молниезащиты требуют установки в здании особых гальванических приборов (молниеотводов). - Металлические токоотводы - Заземлитель с поддержкой такого механизма можно отсечь разряд, вызванный молниеотводом, протянуть его сквозь токоотвод к заземляющему кабелю и необходимо увести заряд в землю [3,4].

Сам разрядник обычно сделан в виде небольшого металлического стержня поперечником 10-12 мм и может иметь длину до 1,5 м. участок поперечного сечения молниеотвода должен быть не менее 100 мм. Стержни такового типа обычно устанавливаются в самом высоком положении объекта и натягиваются особенной балкой или прикрепленными растяжками. В некоторых вариантах один конец молниеотвода представляет собой обыкновенную металлическую трубку, которая запаивается. Проводник производится из медной проволоки толщиной не менее 6 мм. Такая проволока основательно приваривается к молниеотводу. Проводники прокладываются вниз по склону вдоль стен и крыш зданий к заземляющим электродам. Система рассчитана на потребление тока до 20 миллионов ампер [2].

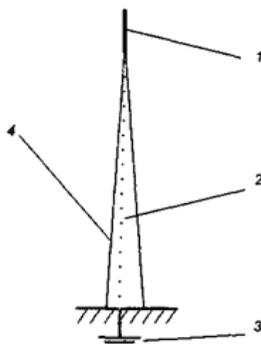


Рис. 2 Конструкция молниеотвода: 1-молниеприемник, 2-токовод, 3-заземление, 4-мачта

Для каждого сооружения необходимо водворять систему громоотвода, для предохранения от молнии

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Savvin, N. Yu. Modern methods of intensification of heat exchange processes in plate apparatuses / N. Yu. Savvin, L. A. Kushchev, A. I. Alifanova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 2020. – P. 012001. – DOI 10.1088/1757-899X/945/1/012001

2. Кущев, Л. А. Компьютерное моделирование движения теплоносителя в гофрированном канале пластинчатого теплообменника / Л. А. Кущев, В. Н. Мелькумов, Н. Ю. Саввин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2020. – № 4(60). – С. 51-58. – DOI 10.36622/VSTU.2020.60.4.005. – EDN QEMGOY. (дата обращения 18.04.2023 год).

3. ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы

4. Харламенков А.С./ текст научной статьи современная защита зданий и сооружений. часть 1

5. Харламенков А.С./ текст научной статьи современная защита зданий и сооружений. часть 2

**УДК 620.92**

**Чесняк А.В.**

*Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕМ В БЕЛГОРОДЕ**

Система управления теплоснабжением играет важную роль в обеспечении комфорта и жизненно важных услуг для жителей и предприятий в городах. В городе Белгород эта система представляет собой комплексную инфраструктуру, включающую тепловые источники, тепловые сети, тепловые подстанции и автоматизированную систему управления. Целью системы управления теплоснабжением является обеспечение надежного, эффективного и устойчивого теплоснабжения, а также оптимального использования энергоресурсов.

В данной статье мы рассмотрим систему управления теплоснабжением в городе Белгород более подробно. Мы изучим различные компоненты этой системы, такие как тепловые источники, тепловые сети, тепловые подстанции и автоматизированную систему управления. Кроме того, мы обсудим важность мониторинга и обслуживания для эффективной работы системы. Оптимальное функционирование системы теплоснабжения имеет ключевое значение для обеспечения комфортных условий отопления и горячего водоснабжения для населения и предприятий города. Кроме того, правильное управление системой может способствовать экономическому развитию и снижению негативного воздействия на окружающую среду [1].

Таким образом, изучение системы управления теплоснабжением позволит нам более глубоко понять ее компоненты, функциональность и преимущества, а также роль, которую она играет в повседневной жизни горожан и развитии города [2].

Система управления теплоснабжением в городе Белгород – это комплексный набор технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение эффективного и надежного теплоснабжения жилых и коммерческих объектов в городе. Она включает в себя различные компоненты и процессы, которые работают в согласованном режиме для обеспечения комфортных условий отопления и горячего водоснабжения.

Основные элементы системы управления теплоснабжением в Белгороде включают в себя:

1. Тепловые источники: Тепловые источники являются основным звеном в системе теплоснабжения. В городе Белгород могут использоваться различные типы тепловых источников, такие как городская котельная. Котельная работает на основе сжигания топлива, такого как природный газ, уголь, нефть или использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечная или ветровая энергия [3]. Котельная производит тепловую энергию, которая затем передается по тепловым сетям.

2. Тепловые сети: Тепловые сети представляют собой сложную сеть трубопроводов, которые транспортируют тепловую энергию от тепловых источников до конечных потребителей. В системе теплоснабжения Белгорода тепловые сети проложены по всему городу и включают главные магистральные линии и вторичные подводы к жилым и коммерческим объектам. Трубы обычно изготавливаются из специальных материалов, таких как сталь или полипропилен, с учетом требований прочности и минимизации потерь тепла.

3. Тепловые подстанции: Тепловые подстанции являются ключевыми элементами системы теплоснабжения и находятся на пересечении тепловых сетей и потребителей. Они выполняют несколько функций, включая:

1) Регулирование параметров тепла: тепловые подстанции контролируют и поддерживают оптимальные параметры тепла, такие как температура и давление, для обеспечения надежной работы системы и комфортных условий в зданиях.

2) Распределение тепла: они распределяют тепловую энергию, полученную от тепловых источников, между различными потребителями в соответствии с их потребностями.

3) Учет потребления: тепловые подстанции оснащены счетчиками и системами учета, которые регистрируют потребление тепла каждым отдельным потребителем. Это позволяет проводить точный учет и фиксировать данные о потреблении тепла для целей тарификации и контроля энергопотребления [4].

4. Автоматизированная система управления: Автоматизированная система управления теплоснабжением является интегрированной компьютерной системой, которая контролирует и регулирует работу всей системы. Она собирает данные с различных датчиков, установленных на тепловых источниках, тепловых сетях и тепловых подстанциях, и анализирует их для оптимизации процессов. Система также осуществляет удаленное управление и мониторинг, позволяя операторам следить за работой системы, регистрировать и анализировать данные, а также принимать решения для повышения эффективности и надежности теплоснабжения.

5. Мониторинг и обслуживание: Система управления теплоснабжением включает процессы мониторинга и обслуживания, которые обеспечивают непрерывную работу и оптимальную производительность всей системы. Операторы и технический персонал следят за состоянием тепловых источников, тепловых сетей и тепловых подстанций, выполняют регулярные технические инспекции и обслуживание оборудования, а также реагируют на возможные аварийные ситуации. Это позволяет обеспечить надежную и бесперебойную поставку тепловой энергии потребителям.

Итак, система управления теплоснабжением в городе Белгород представляет собой сложную инфраструктуру, объединяющую тепловые источники, тепловые сети, тепловые подстанции, автоматизированную систему управления и процессы мониторинга и обслуживания. Эта система играет ключевую роль в обеспечении

комфортных условий отопления и горячего водоснабжения для населения и предприятий города.

Оптимальное функционирование системы теплоснабжения в Белгороде требует постоянного контроля, технического обслуживания и регулярного обновления компонентов и оборудования. Автоматизированная система управления играет важную роль в сборе и анализе данных, оптимизации работы системы и принятии решений для повышения эффективности и надежности теплоснабжения.

Основные преимущества системы управления теплоснабжением в Белгороде включают минимизацию потерь тепла в тепловых сетях, точный учет потребления тепла для целей тарификации и контроля энергопотребления, а также возможность удаленного мониторинга и управления системой [5].

Эффективное и надежное теплоснабжение имеет большое значение для комфорта и безопасности горожан. Правильное функционирование системы теплоснабжения также способствует экономическому развитию города и содействует снижению негативного влияния на окружающую среду путем оптимизации энергоресурсов и снижения выбросов.

В целом, система управления теплоснабжением в городе Белгород является важным элементом инфраструктуры, обеспечивающим надежное, эффективное и устойчивое теплоснабжение для жителей и предприятий города, а также способствующим экологической устойчивости и экономическому развитию.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Тихомирова Т.И., Щетинин Н.А. Экологические вопросы использования альтернативных источников энергии // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – С. 135-137.

2. Гришан А. А. Эволюция систем централизованного теплоснабжения: синергетический подход / Б.В. Гусев // Промышленное и гражданское строительство. - № 2. – 2009. – С. 36-39.

3. Гришан А. А. Энергосберегающая методология защиты и восстановления природно-технических систем в примерах практического применения: монография / А.А. Гришан – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 247 с.

4. Ковалев И.Н. Особенности оценки экономической эффективности долгосрочных инвестиций в энергосберегающие мероприятия // Энергосбережение. – 2013. – № 2. – С. 52-58.

5. Власова А.А., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 2929-2935

#### **УДК 621.311**

*Шайдуллин А.И., Маслов И.Н., Маслова Г.Д.*

*Научный руководитель: Москаленко Н.И., д-р физ-мат. наук, проф.*

*Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

### **ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ МАЛОЙ ГЕНЕРАЦИИ**

Возобновляемые источники энергии, такие как солнце, ветер, вода, водород [1-3] в последние годы становятся все более популярными. Поскольку стоимость традиционных источников энергии растет, а потребность в более чистых и устойчивых источниках энергии увеличивается, все больше и больше людей обращаются к возобновляемым источникам энергии для удовлетворения своих энергетических потребностей. Одним из самых популярных способов использования возобновляемых источников энергии являются системы малой генерации. Системы малой генерации используют возобновляемые источники энергии и преобразуют их в пригодную для использования электроэнергию. Эти системы обычно устанавливаются на месте дома или в офисе и могут генерировать достаточно электроэнергии для питания одного здания или жилого дома. Эти системы часто подключаются к местной электросети, чтобы любой избыток вырабатываемой электроэнергии можно было продать коммунальному предприятию. Малые системы генерации чаще всего используются для выработки электроэнергии из солнца. Солнечные элементы или фотогальванические элементы улавливают солнечную энергию и преобразуют ее в постоянный ток. Солнечные батареи также могут быть подключены к инвертору, который преобразует электричество постоянного тока в полезный переменный ток (АС). Затем эту мощность переменного тока можно использовать для питания большинства бытовых приборов. Небольшие ветряные турбины также становятся все более популярными как способ выработки

электроэнергии. Ветряные турбины улавливают кинетическую энергию ветра и преобразуют ее в электричество постоянного тока, которое затем можно использовать для питания всего, что работает от постоянного тока. Ветряные турбины могут быть установлены на месте или подключены к местной электросети для продажи избыточной электроэнергии. Также все большую популярность приобретают малые гидроэлектростанции. Эти системы используют естественный поток воды для выработки электроэнергии, которую затем можно использовать для человеческих нужд. Эти системы часто устанавливаются в районах с доступом к естественным источникам воды, таким как реки.

Наконец, геотермальная энергия — еще один возобновляемый источник энергии, который использует тепло недр Земли для выработки электроэнергии. Он работает путем глубокого бурения земли и использования тепла для производства пара, который, в свою очередь, вращает турбины для производства электроэнергии.

Геотермальная энергия — это чистый и устойчивый источник энергии, который может питать системы малой генерации. Однако для этого требуется доступ к геотермальным резервуарам, что ограничивает его использование в некоторых районах.

Возобновляемые источники энергии в системах малой генерации предлагают многочисленные преимущества. Это чистые и устойчивые источники энергии, которые не способствуют выбросам парниковых газов. Они могут быть установлены в удаленных районах, что делает их идеальными для автономных приложений. Они также могут снизить зависимость от традиционных источников энергии, которые могут быть дорогими и ненадежными.

Независимо от того, какие задачи стоят перед проектировщиками: сокращение затрат на энергию, уменьшение воздействия на окружающую среду, системы малой генерации — отличный вариант. Поскольку все больше и больше людей обращаются к возобновляемым источникам энергии, эти системы становятся все более популярными и теперь доступны большему количеству людей, чем когда-либо прежде.

Кроме того, системы малой генерации могут помочь снизить зависимость от коммунальных предприятий и дать большую независимость в получении энергии. Это может быть особенно полезно в случае аварий, когда традиционные источники энергии могут быть недоступными или неэффективными [4, 5].

А также, системы малой генерации могут помочь сократить расходы на энергию в долгосрочной перспективе, так как они не требуют постоянных затрат на топливо или обслуживание [4, 5].

Однако, перед установкой системы малой генерации необходимо учитывать ряд факторов, таких как доступность источника энергии, стоимость, требования к установке, разрешительные процедуры и фактические нагрузки [6-8].

Также важно убедиться, что установка не нарушает экосистему и не причиняет вред окружающей среде.

В целом, системы малой генерации, использующие возобновляемые источники энергии, представляют собой чистый, устойчивый и экономически выгодный способ получения энергии. Они могут помочь сократить затраты на энергию, уменьшить негативное воздействие на окружающую среду и дать большую независимость в получении энергии.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Горлов А.Н. Влияние водородного топлива на работу газотурбинной установки при работе на оптовом рынке электрической энергии и мощности // Международный технико-экономический журнал. 2022. № 1. С. 17-26.

2. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 84-92.

3. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Титов А.В., Ахметшин А.Р. Газовая турбина, работающая в составе тепловой электрической станции с водородным накопителем // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» 2023, № 1(406), С. 23-35.

4. Титов А.В., Осипов Б.М., Хамматов А.Р. и др. Применение программного комплекса ГРАД для исследований стационарных энергетических установок // Тяжелое машиностроение. 2009. № 6. С. 9-11. EDN KNWFEZ.

5. Осипов Б.М., Титов А.В., Хамматов А.Р. Инструментальная среда исследования газотурбинных установок // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2009. № 1. С. 22-25. EDN KPSXOT.

6. Солуянов Ю. И., Федотов А. И., Галицкий Ю. Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71.

7. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Чернова Н.В. Результаты статистического анализа электрических нагрузок многоквартирных домов г. Москвы // Электрические станции. 2023. № 2(1099). С. 22-28. EDN WUEGJL.

8. Федотов А.И. Ахметшин А.Р. Мероприятия по увеличению пропускной способности линий электропередач в распределительных сетях 10 кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 5-6. С. 79-85. EDN NVAMET.

**УДК 628.8**

*Шалпегин Д.С.*

*Научный руководитель: Семиненко А.С., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ВЛИЯНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ЗВУЧАНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ**

Музыка – это искусство, в котором переживания, настроения, идеи выражаются в сочетаниях ритмически-организованных звуков и тонов [1]. В этом виде искусства огромную роль играет состояние музыкальных инструментов, начиная от момента написания партитур, заканчивая исполнением. Большое значение здесь имеет и состояние микроклимата.

Чаще всего музыкальные инструменты изготавливают из дерева, латуни, меди. Эти материалы очень требовательны к содержанию и уходу. При разных показателях влажности и температуры тембр инструмента может сильно меняться, приобретая ненужный окрас. Это негативно сказывается на результате, ведь главная задача исполнителя – донести основную мысль автора. Звукоизвлечение музыкального инструмента меняется не из-за технических умений музыканта, а из-за изменения параметров микроклимата [2].

Одним из важных аспектов хранения и использования музыкальных инструментов является поддержание оптимального микроклимата [3].

Микроклимат помещения включает в себя такие параметры, как температура, влажность и подвижность воздуха.

Если в составе музыкального инструмента есть массив дерева, то при изменении влажности инструмент подвергается деформации. Это

линейные деформации, а линейным деформациям сопутствуют деформации кручения или изгиба.

При уменьшении влажности дерево усыхает - уменьшается в размерах, возникают силы, стремящиеся растянуть места соединения частей музыкального инструмента. Если влажность увеличивается, то дерево инструмента тоже увеличивается в размерах, в местах соединения чаще всего возникают силы, работающие на сжатие.

Все инструменты различны по таким параметрам, как материал, из которого инструмент изготовлен, его геометрия, начальная влажность, способ, с помощью которого крепятся детали, и другие характеристики. Понижение влажности оказывает существенное влияние на музыкальные инструменты. Если дерево усыхает, то могут разойтись клеевые швы, лопнуть сам массив. Увеличение влажности менее значимо. Лучше всего стараться держать ее в пределах, указанных в ГОСТ 25956-83, то есть 50-60%.

Что касается звука, при повышении влажности он становится менее качественным, ведь многие деревянные детали инструмента теряют упругость, увеличивают массу. В результате тщательно созданный музыкальными мастерами инструмент может звучать намного хуже.

Медные духовые инструменты имеют механизмы и клапаны для изменения выдуваемого тона. Они тоже очень требовательны к состоянию окружающей среды. Микроклимат определяет эффективность смазочных масел, используемых на духовых инструментах, регулируя испарение и окисление.

Влияние температурных перепадов на инструмент незначительно, если значения температуры не экстремальны. Инструмент лучше реагирует на перепады, которые происходят медленно.

Оптимальный микроклимат для хранения музыкальных инструментов может отличаться в зависимости от типа инструмента. Например, для струнных инструментов, таких как скрипка или виолончель, рекомендуется поддерживать температуру в диапазоне от 16 до 25°C, при влажности от 40 до 60%. Для духовых инструментов, таких как саксофон или флейта, оптимальная температура около 20°C, а влажность не менее 30% [4].

Для того, чтобы дать возможность слушателю понять замысел композитора, необходимо исключить все факторы, не связанные с искусством, задумкой, техническим умением. Т.е. необходимо создать и поддерживать оптимальный микроклимат.

Одним из способов поддержания оптимального микроклимата является использование специальных увлажнителей и осушителей

воздуха [5]. Также важно избегать экстремальных температурных изменений, перепадов влажности и контакта инструментов с прямыми лучами солнца.

Необходимо использование термометров и гигрометров. Желательно, чтобы мониторинговые инструменты производили контроль на протяжении всего дня. Они могут быть установлены внутри инструментов или в помещении в целом [6]

Можно использовать и народные способы регуляции влажности в помещении, включающие в себя обилие комнатных растений, маленькие оранжереи, вазы с цветами, фонтанчики, открытые аквариумы, ёмкости с водой, поставленные у отопительных приборов, в углах и за шкафами.

Независимо от того, какой метод контроля микроклимата выбран, важно следовать рекомендациям производителя и регулярно поддерживать инструменты в хорошем состоянии.

В заключении можно подчеркнуть, что оптимальный микроклимат для музыкальных инструментов является ключевым фактором для сохранения их качества и долговечности. Определенные типы инструментов могут иметь различные требования к микроклимату, включая температуру и влажность. Рекомендуется использовать специальные устройства, такие как увлажнители и осушители воздуха, а также мониторинговые инструменты, такие как термометры и гигрометры, для поддержания оптимального микроклимата. Важно также следовать рекомендациям производителя и регулярно поддерживать инструменты в хорошем состоянии. Создание и поддержание оптимального микроклимата - важный шаг для обеспечения того, чтобы музыкальные инструменты звучали так, как задумывали композиторы и мастера-изготовители.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большой толковый словарь русского языка / Под редакцией Д.Н. Ушакова. - М.: Lingua, АСТ, Астрель, 2009. - 40 с.
2. Эксплуатация, хранение и перевозка щипковых музыкальных инструментов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://muzmagazin.ru/jeksploatacija-i-hranenie-muzykalnyh-instrumentov.html>
3. Корчков А.П. Вестник магистратуры: Микроклимат помещений / А.П. Корчков // Вестник магистратуры. — 2020. — № 2-1 (101). – С. 14-19.

4. Новости по увлажнению. Обзор блога какой уровень влажности лучше всего подходит для музыкальных инструментов? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.condair.com/humidifiernews/blog-overview/what-s-the-best-humidity-level-for-musical-instruments>

5. Использование увлажнителя для гитары и другие советы по влажности гитары [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://blog.taylorguitars.com/using-a-guitar-humidifier-and-other-guitar-humidity-tips>

6. Способы энергосбережения в системах создания микроклимата / Т. Н. Ильина, А. Ю. Феоктистов, Р. Ю. Мухамедов, С. В. Сериков // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов, Белгород, 01–30 ноября 2012 года. – Белгород, 2012. – С. 244-248.

**УДК 691**

**Шумаков А.А.**

*Научный руководитель: Борисов И.Н., д-р техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **НЕОБХОДИМОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧКИ РОСЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Большую часть жизни современный человек проводит в стенах зданий и сооружений – в доме, квартире, учебном заведении, месте работы, санатории или магазине. Человека окружает огромное количество зданий и сложно представить сколько ещё строится новых. По данным Росстата в 2021 году число только индивидуальных жилищных строителей составило – 53,8 млн. м<sup>2</sup>. [1] Цифра достаточно велика, чтобы задуматься о необходимом соблюдении не только обязательных стандартов и СНиПов, но и других, не менее важных показателей. Здания должны служить десятилетиями, а человек в них чувствовать себя комфортно. Необходимо тщательно подходить к выбору строительных материалов, их сочетанию и возможным проблемам.

Климат большей территории России требует многослойных зданий с утеплением. В таких случаях важен учёт конструкционных и физико-технических особенностей не только каждого материала, но и результата взаимодействия между строительными составляющими.

Достаточно часто в подборе и компоновке материалов при частном строительстве возникает проблема неправильного расположения точки росы.

При значительной разнице температур снаружи и внутри здания существует температурная точка (точка росы), в которой влага, всегда находящаяся в воздухе, из газообразного состояния переходит в жидкое и выделяется в виде конденсата. При неправильном подборе или расположении материалов для строительства, точка росы может находиться близко к внутренней поверхности стен. В результате влага конденсируется внутри помещения, стены в таком здании практически круглый год влажные, что не только дискомфортно, но и опасно для здоровья человека. [2]

Точка росы, приближающаяся к внутренней границе стены здания, приводит к:

- понижению общей температуры внутри помещения;
- влага, выступающая на поверхности стены, разрушает внутреннюю отделку помещения;
- появляется неприятный запах ветхости, разложения;
- стены и углы здания чернеют, так как во влажной среде внутри помещения легко развиваются опасные виды плесени и других микроорганизмов.

При строительстве с учётом расположения точки росы, строительные материалы и порядок их расположения подбираются так, чтобы точка росы находилась как можно ближе к наружной поверхности здания.

Уделяя особое внимание энергоэффективности, используя современные строительные материалы, не стоит забывать о несложных расчётах, которые могут помочь даже частному застройщику возвести качественный дом. Для предотвращения приближения точки росы к внутренней поверхности стены здания, необходимо провести расчёты.

Точку росы -  $t_p$  можно рассчитать графически, используя диаграмму Рамзина (рисунок 1).

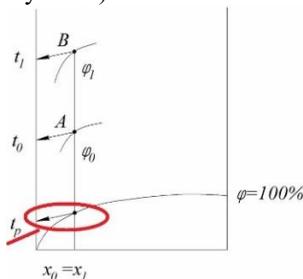


Рис. 1 Графический способ нахождения точки росы ( $t_p$ )

Известен метод расчёта с использованием математических формул (1, 2). Зная (задавая) относительную влажность воздуха и его температуру рассчитывают температуру точки росы  $T_p$ :

$$T_p = \frac{b \cdot f(t, \varphi)}{a - f(t, \varphi)} \quad (1)$$

$$f(t, \varphi) = \frac{a \cdot t}{b + t} + \ln \frac{\varphi}{100} \quad (2)$$

где,

$b$  – коэффициент, равный 237,7;

$a$  – коэффициент, равный 17,27;

$t$  – температура воздуха, °C;

$\varphi$  – относительная влажность воздуха, %.[3]

При желании можно воспользоваться наглядной схемой зависимости расположения точки росы от вида строительного материала, представленной на рисунке 2.

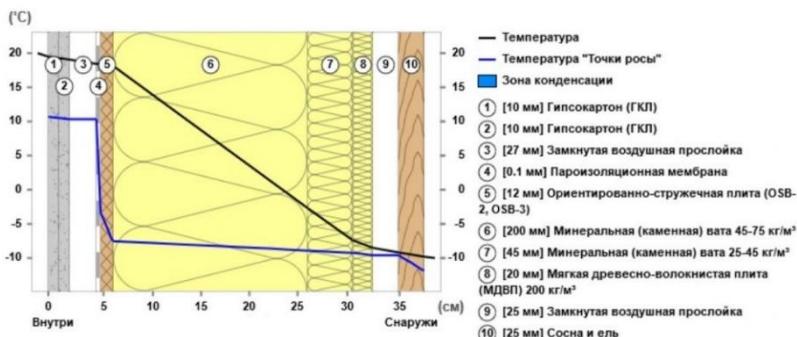


Рис. 2 Точка росы в различных строительных материалах

Положение точки росы может блуждать по толщине стены. Оно зависит от толщины и типа материалов самой стены и утеплителя, от показателей температуры и влажности в помещении и на улице, поэтому в расчётах надо обязательно учитывать сезонные колебания температуры и влажности воздуха окружающей среды.

Для строителей очень важно знать место расположения точки росы, чтобы определить необходимую толщину теплоизоляции. Благодаря этим знаниям можно минимизировать потерю тепла в период холодов.

Важными направлениями развития исследований и разработки композитных функций теплоизоляционных материалов являются материалы с низкой теплопроводностью. Обычный теплоизоляционный материал имеет отличные теплоизоляционные свойства, но не обладает

высокой термостойкостью. Таким образом, огнеупорный и теплоизоляционный материал с превосходными теплоизоляционными свойствами и высокотемпературной прочностью композитной функции стал новой горячей точкой. [4]

Точка росы всегда была проблемой при строительстве домов, но современные технологии, материалы, обязательные расчёты и анализ дополнительных факторов сводят риск её приближения к внутренней поверхности здания к минимуму.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О жилищном строительстве в 2021 году. RG.RU/ - URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Analt\\_zap\\_Jil-ctroit\\_RF\\_2021](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Analt_zap_Jil-ctroit_RF_2021) (Дата обращения: 20.04.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст электронный.

2. Разинов А.И. Процессы и аппараты химической технологии/ учебное пособие. А.И. Разинов, А.В. Клинов, Г.С. Дьяконов, Казань: изд-во КНИТУ, 2017 – 860с.

3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии/ Учебник для вузов. А.Г. Касаткин, Москва: изд-во «Альянс», 2004 – 753с.

4. Марченко М.В., Борзилова Е.Н. // «Международная научно-техническая конференция молодых учёных БГТУ им. В.Г. Шухова». Сборник докладов. Белгород, 2021, С. 4125 – 4129.

*УДК 666.94*

*Ястребов А.В., Саввин Н.Ю.*

*Научный руководитель: Ханзаров А.С., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **АКТУАЛЬНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛИЩНЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

В соответствии с текущими показателями рынка, современными тенденциями в развитии систем отопления и постоянного роста себестоимости теплоносителя актуальной задачей является разработка

современных мероприятий для повышения эффективности потребления энергосистемами зданий. Наиболее перспективным в достижении сниженных расходов тепловой энергии является создание программно-технических решений для автоматического управления потреблением теплоносителя.

Из государственного доклада о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации от 2020 г. [1. с. 63].

На цели отопления, при чем и на централизованное и децентрализованное население тратит более 65% от всей энергии. Так же на нужды ГВС аналогичной отоплению (централизованного и децентрализованного) системы до 13% (Рис.1).



Рис. 1 Сравнительные показатели сектора «Жилищно-коммунальное хозяйство» (прочие нужды включают потребление электроэнергии и топлива)

Источник: Минэкономразвития России на основе данных Росстата

По данным виден рост процентного соотношения помещений и общая доля населения, подключенная к центральным ГВС. Эти показатели учитываются через фактор благоустройства. Данный фактор актуален только для сектора «Жилищно-коммунальное хозяйство». На рисунке 2 можно увидеть, что отношение отапливаемых жилых зданий относительно общего числа выросла на 0,8 п.п. (на 1,7 п.п. относительно 2015 г.). А доля населения, обеспеченного ГВС за аналогичный период – на 1,6 п.п. (на 3,6 п.п. относительно 2015 г.).



Рис. 2 Доля отопляемых помещений и доля населения, обеспеченного ГВС  
Источник: Росстат, форма «1-жилфонд»

Технологический фактор способствовал снижению потребления на 1,6 млн т.у.т. – вдвое ниже показателя 2018 г. Подобный результат был достигнут за счет снижения потребления ТЭР на обеспечение населения ГВС (на 1,55 млн т.у.т.) и прочие нужды (на 2,16 млн т.у.т.). В то же время зафиксировано увеличение на 2,15 млн т.у.т. потребления ТЭР на отопление жилых зданий.

Негативная тенденция в 2019 г. объясняется увеличением – до 29,90 т.у.т. на 1 тыс. м<sup>2</sup> – удельного расхода ТЭР на отопление жилых зданий. Результат 2019 г. по данному показателю является худшим за последние 3 года.



Рис. 3 Удельный расход энергии на отопление жилых зданий, скорректированный на климат  
Источник: анализ Минэкономразвития России

Однако несовершенство существующих решений, а также существующий запас повышения энергоэффективности систем отопления, диктует необходимость разработки новых технических решений на базе современного оборудования и повышающих энергоэффективность систем отопления алгоритмов.

Ресурсы, расходуемые на отопление, имеют высокую зависимость от текущего климата. Данное влияние при использовании как СУЭР [4.]

(Систему управления энергоресурсами) в целом, так и установки автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов в частности способствует снижению расхода энергии и повышению эффективности потребителей.

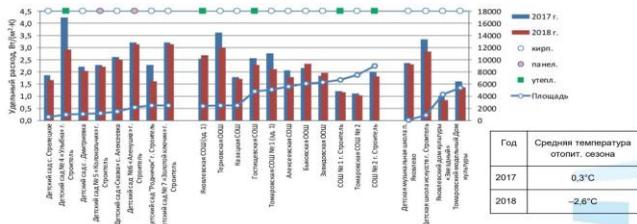


Рис. 4 Расход на отопление в образовательных учреждениях за время отопительный сезона в 2017 - 2018гг.

Отопительный сезон в 2017г. был теплее, чем в 2018г., однако почти у половины учреждений расход на отопление был выше или такой же, как в более холодный год.



Рис. 5 Потребление энергии на отопление в одном из учреждений Яковлевского района за отопительный сезон по нормативу и с установкой прибора учёта

На примере 23 учреждений Яковлевского района:

- общее потребление за год: 13 401,3 Гкал;
- экономия: 671,3 Гкал 2 249 тыс. руб. в ценах 2018 г.

Наличие прибора учета, своевременная диагностика и ремонт позволяет снизить затраты на оплату энергоресурсов до 15% (Рис. 6).

По имеющимся данным [5], полученных из теплосчетчиков Москве в многоквартирных домах (МКД), относящихся к типовой серии, на отопление расходуется 140-194 кВт•ч/м<sup>2</sup> тепловой энергии. Эти величины превышают актуальные нормы энергопотребления.

Одной из главных причин в повышенном расходе тепловой энергии является несоответствие нормативных характеристик

погодных условий, принятые согласно многолетним наблюдениям, с фактической погодой.

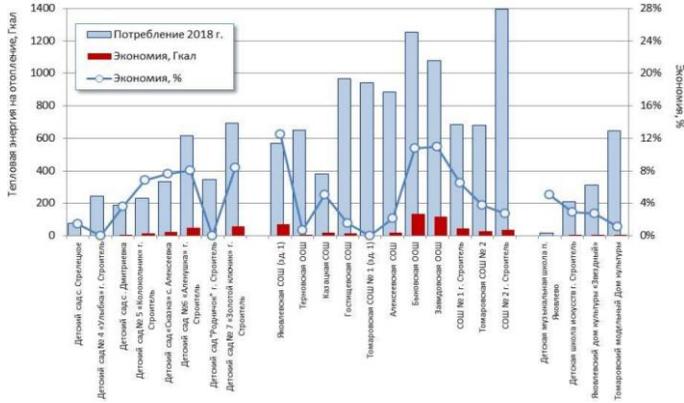


Рис. 6 Потребление энергии на отопление в 23 учреждений Яковлевского района за отопительный сезон по нормативу и с установкой прибора учёта

В процессе проектирования жилых многоквартирных домов в момент расчетов энергопотребления здания необходимо учитывать такие факторы, как климатические данные, относящихся к региону строительства. К одному из главных показателей климатических данных относится градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) [5].

График, показанный на рисунке 7 доказывает, что измеряемые значения градусо-суток являются непостоянными и могут колебаться, при чём величина этих колебаний меняется зависит от конкретного месяца. На рисунке указаны графики за наблюдаемые сезоны с 2014 по 2018 - с декабря по март. Необходимо использовать эту информацию и регулировать потребление тепловой энергии зданиями пропорционально градусо-суткам при помощи правильно настроенной системе автоматического регулирования относительно погодных условий [6].

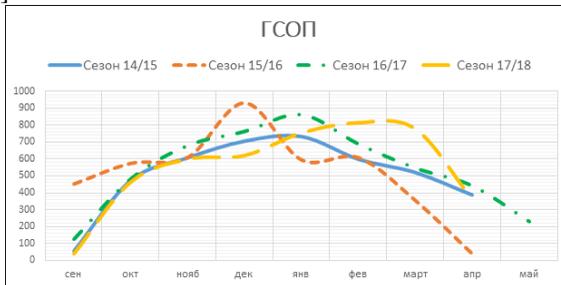


Рис. 7 Градусо-сутки отопительного периода в Москве за 2014 – 2018 гг.



Рис. 8 Удельный расход энергии на обеспечение населения ГВС, скорректированный на климат. Источник: анализ Минэкономразвития России

При этом с 2015 г. Мы видим положительную тенденцию в повышении энергоэффективности систем теплоснабжения и ГВС за счёт тренд снижения удельного расхода ТЭР. Данный эффект показан на рисунке 8. За 2019 г. рассматриваемый показатель составил 0,118 т.у.т. на 1 человека. Это на 18,6% ниже значения 2015 г. Немаловажным фактором в данных успехах сыграла установка автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов.

Особенностью существующих систем отопления является использование метода постоянного расхода теплоносителя в тепловом контуре. К тому же большинство жилых и общественных зданий относятся к централизованной системе отопления. За счёт этого возможным способом регулирования является изменение характеристик теплоносителя, такие как температура и давление, возможно только в тепловом источнике. Это негативно влияет на эффективность регулирования, а следовательно, и на качество поддержания температуры помещения. Ещё имеется вероятность нарушения гидравлического режима работы с непредвиденным выходом из строя системы отопления. Чтобы решить проблему с низким качеством регулирования тепловой энергии и повысить надёжность системы отопления установка только приборов учёта не достаточна. Для полного раскрытия потенциала эффективности желательно установить на объекте различных средств регулирования теплоносителя, которые могут быть как с ручным, так и с автоматическим управлением.

Возможные мероприятия по совершенствованию систем отопления указаны в таблице 1 [3. с. 195]. Основной причиной установки приборов учёта является то, что потребители, не имеющие счётчиков, платят по нормативному тарифу, из-за чего расходы возрастают. А после установки приборов учёта потребитель будет

платить по реальному расходу, что само по себе позволит снизить расходы на отопление. Так же данное мероприятие позволит получить, а затем провести анализ текущих расходов теплоносителя для дальнейшего проведения технико-экономических исследований по проведению дальнейших мероприятий.

Таблица 1 – Мероприятия по совершенствованию систем отопления

Мероприятия	Энергосбережение, %	Недостатки
Установка приборов учёта	10-15	Начальный этап. Нераскрытый потенциал энергоэффективности системы
Автоматизация теплового узла	15–20	Высокая стоимость
Установка надёжных регулировочных кранов на радиаторах	5–7	Низкая эффективность
Установка автоматических термостатических кранов на радиаторах в квартирах	до 20	Сложность настройки и мониторинга

Установка кранов для регулирования теплоносителя на радиаторах в определённых условиях поможет в экономии, но имеет ряд минусов. Самый главный: невозможность автоматического своевременного регулирования (только вручную). А с учётом того, что для реального эффекта необходима установка на каждом радиаторе здания, то время общего регулирования становится значительно большим.

Установка автоматических термостатических кранов на радиаторах в квартирах является одним из лучших вариантов для снижения расходов на отопление, так как в отличие от установки надёжных регулировочных кранов отсутствуют недостатки с невозможностью автоматического регулирования. Объединение всех кранов в одну систему позволит достичь большого положительного эффекта. Но минус с установкой множества кранов на каждый радиатор, их наладка и объединение в одной сети приводит к повышению стоимости и снижению целесообразности установки в зданиях большой площади с большим количеством радиаторов.

Автоматизация теплового узла отличается от других тем, что установка оборудования происходит в отдельном помещении, что положительно влияет на скорость установки и наладки всего необходимого оборудования. Но сложностью для данного мероприятия

являются различные варианты и типы тепловых узлов и необходимость изменения мероприятий по реконструкции и автоматизации в соответствии с отдельно взятым объектом.

Оптимальным вариантом, который может быть универсальным для любого здания, является установка блочного теплорегулирующего модуля. Всё необходимое оборудование для автоматизации системы отопления находится в общем корпусе, что упрощает процесс установки и наладки, так как нет необходимости в сильном изменении текущей системы отопления. Система управления тепловой энергии за счёт потребностей в реальном времени в своей основе использует внешние данные погодных условий. И после проведения всех мероприятий потребитель сможет достичь экономии на отоплении от 10 до 30% [7].

При этом модуль способен работать не только в автоматическом режиме для здания, в котором он установлен, но и в единой системе управления, которая будет объединять все здания города, что позволит повысить эффективность, как и отдельно взятых жилых и муниципальных зданий, так и котельных и других источников тепла.

Учитывая государственные меры в области поощрения энергосбережения и повышения энергетической эффективности, а также местные законодательные акты (распоряжение Правительства Белгородской области от 27 сентября 2017г. № 425-рп "О внедрении Системы управления энергетическими ресурсами Белгородской области") внедрение мероприятий по повышению энергоэффективности систем отопления в объекты ЖКХ является актуальным.

Наиболее целесообразными мероприятиями являются установка приборов учёта, если они не предусмотрены, внедрение в систему отопления здания теплорегулирующего модуля. Сам модуль можно будет расположить не только в строящихся зданиях в рамках разработки проектной документации, но и в уже построенных в рамках капитального, или текущего ремонта. Это достигается путём проектирования и установки всего необходимого оборудования в одном корпусе.

Так же для самого теплорегулирующего модуля необходимо разработать систему управления, которая позволит оперативно регулировать подачу горячей воды в отопительный контур согласно текущей температуре в помещениях и на улице. Дополнительными возможностями для системы управления могут служить датчики света и направления силы ветра, что дополнительно повысит эффективность всего комплекса мероприятий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Распоряжение Правительства Белгородской области от 27 сентября 2017г. № 425-рп "О внедрении Системы управления энергетическими ресурсами Белгородской области" <https://docs.cntd.ru/document/571064253> (дата обращения: 15.03.2023)
2. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации от 2020 г. [Электронный ресурс] <https://www.economy.gov.ru/material/file/c3901dba442f8e361d68bc019d7ee83f/Energyefficiency2020.pdf> (дата обращения: 02.03.2023)
3. Ибрагимов, У. Х. Повышение эффективности систем отопления / У. Х. Ибрагимов, У. Х. Икромов, Б. И. Рашидов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 4 (84). — С. 195-196. — URL: <https://moluch.ru/archive/84/15540/> (дата обращения: 02.10.2022).
4. Результаты использования СУЭР в Белгородской области. [Электронный ресурс] <https://energiavita.ru/2021/04/26/podrobnee-o-sisteme-upravleniya-ehnergeticheskimi-resursami-suehr-belgorodskoj-oblasti/> (дата обращения: 02.04.2023).
5. Влияние погодных условий на потребление тепловой энергии современных зданий [Электронный ресурс] <https://ceiis.mos.ru/presscenter/news/detail/8027689.html> (дата обращения: 12.04.2023).
6. В. И. Ливчак. Градусо-сутки отопительного периода как инструмент сравнения уровня энергоэффективности зданий в России и в других странах. Энергосбережение №6'2015. [Электронный ресурс] [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6209](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6209) (дата обращения: 21.02.2023).
7. Системы автоматического регулирования потребления теплоты в жилых зданиях Короткова Л.И., Морева Ю.А., Андреева Н.В., Новоселова Ю.Н. [Электронный ресурс] <https://s.applied-research.ru/pdf/2015/3-2/6505.pdf> (дата обращения: 22.03.2023).
8. Потапенко, А.Н. Датчики и регуляторы в системах теплоснабжения: учебное пособие /А.Н. Потапенко – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 251 с.