

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра «Теплотехники и гидрогазодинамики»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.А. Кулагин

« ____ » _____ 20__ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Анализ систем теплоснабжения зданий

13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

13.04.01.01 Энергетика теплотехнологий

Руководитель _____ канд. техн. наук, доцент кафедры М.В. Колосов

Выпускник _____ Ю.В. Жгун

Рецензент _____ доктор техн. наук, профессор Ю.Л. Липовка

Красноярск 2023

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Анализ систем теплоснабжения зданий» содержит 65 страниц текстового документа, 9 иллюстраций, 12 таблицы, 1 приложение, 13 использованных источников.

УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ТЕПЛА, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЗАВИСИМОСТЬ, ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ, ТЕМПЕРАТУРА, ЭНЕРГИЯ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ, СРОК ОКУПАЕМОСТИ И ПОТЕРИ ТЕПЛА.

Объект аудита – Детский садик №283.

Цели аудита:

- оценка эффективности существующей системы теплоснабжения здания;

- снижение теплового потребления здания и уменьшение затрат на теплоэнергию;

- выработка вариантов улучшения фасада здания на срок до 25 из негорючих материалов.

В результате проведения анализа были построены зависимости, отображенные в графическом виде для визуального контроля и анализа их достоверности. Было выявлено, что не все параметры зависят линейно от внешних параметров.

В итоге был предложен вариант по улучшению фасада здания 2 слоями из минеральной ваты 100мм и 50 мм теплоизоляционной плиты. В ходе работы данный вариант был экономически просчитан и обоснован.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Литературный обзор.....	6
2 Существующие технологии для анализа теплопотребления зданий	21
2.1 Основной параметр, принятый для анализа зависимостей.....	22
2.2 Рассмотрение вариативности для увеличения эффективности теплопотребления здания	25
2.3 Класс энергоэффективности	30
3 Расчёт теплопотребления зданий на примере выбранных проектов	31
4 Анализ полученных результатов	38
4.1 Анализ и расчет	38
4.2 Построение BIM модели в программе Revit	42
4.2 Решения по увеличению энергоэффективности здания.....	43
4.3 Расчетные данные, полученные при работе с программой Revit..	44
4.4 Экономический расчет всех вариантов.....	44
4.4.1 Определение затрат на реконструкцию	44
4.4.2 Определение дисконтированного срока окупаемости	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Исходные данные, полученные с датчиков установленных в МБДОУ 283.....	53

ВВЕДЕНИЕ

В данной дипломной работе рассматривается вопрос эффективности теплотребления зданий. Данная тема является приоритетной в современном строительстве, так как потери тепла при отоплении зданий значительно увеличивают издержки за счет потребления большего количества топлива.

Цель диссертационной работы состоит в исследовании существующего здания для поиска способов повышения его энергоэффективности. Для этого будет проводиться изучение литературы, анализ существующих технологий и расчет теплотребления проектных зданий. На основании результатов исследований будут сделаны выводы и сформулированы предложения по увеличению эффективности теплотребления зданий.

Объектом исследования выступает система тепловой эффективности зданий. Предмет работы — анализ существующих данных и их зависимость от внешних погодных условий в городе Красноярске на основе полученных данных с установленных датчиков контроля параметров.

Для выполнения цели необходимо последовательно решить следующие задачи:

1. Определить, какая зависимость между тепловыми параметрами и внешними условиями;
2. Проанализировать полученные данные и дать заключение по энергоэффективности здания;
3. Предложить варианты по модернизации здания.

Успешное решение этих задач позволило вынести на защиту следующие положения:

1. Анализ систем теплотребления зданий позволит получить математическую формулу для формального и графического представления проанализированных данных;

2. Проанализированные данные позволят определить фактическое влияние погоды на параметры, что позволит дать положительный или отрицательный вывод на необходимость их учета.

Данная сфера сегодня проработана, но не имеет четкой структуры, никто ранее не принимал во внимание какой из методов наиболее точный и наименее затратный, какой метод, возможно, увязать с работой существующей автоматики.

Методологическая база работы представлена как теоретическими (моделирование, анализ, формализация), так и практическими методами (сравнение, измерение, практическое моделирование).

Теоретическая значимость работы заключается в том, что будет проанализирован ряд актуальных данных полученных в результате ручного сбора информации, совместно с данными собранными с датчиков, а также изучен каждый из вариантов сравнения параметров.

1 Литературный обзор

Для исследования темы было проведено изучение литературы по теме анализа систем теплоснабжения зданий. Были рассмотрены различные методы и техники анализа теплоснабжения зданий, а также различные источники потерь тепла.

На сегодняшний день энергоэффективность учитывается при проектировании любого здания, необходимо обязательно представлять сводные показатели, сопоставленные с нормативными показателями. Итоговым результатом является энергетический паспорт здания. Данная информация представлена в учебном пособии Университета ИТМО «Тепловые потери и энергетическая эффективность зданий и сооружений» в авторстве Н.В. Пилипенко, он рассмотрел в полном объеме все, что необходимо для определения энергоэффективности.^[1]

Эта работа рассматривает энергетическую эффективность зданий и сооружений в целом. Основные вопросы, отражающиеся в работе, связаны с тем, как создавать наилучшие условия для энергообеспечения зданий и сооружений, определить энергетические потери зданий и сооружений при различных температурах, а также их эффективность по сравнению с другими способами обеспечения энергетической безопасности.

Энергетические потери зданий при различных температурах связаны с различными факторами, которые влияют на его энергообеспечение. Например, энергетические потери зданий зависят от температуры окружающей среды, работы систем теплоснабжения зданий влияют на температуру окружающей среды, а также на величину энергетических потерь зданий в связи с воздействием на них чувствительных факторов, например, вибрации. Поэтому температурное определение энергетических потерь зданий и сооружений является одним из важнейших экономических методов определения энергоэффективности.

Эффективность зданий и сооружений проявляется в эффективном использовании энергии для поддержания нормальной температуры внутри помещения. Это можно достичь путем обеспечения нормального уровня теплоотвода и минимизации тепловых потерь через окна и другие проемы. Также можно повысить эффективность зданий, используя адаптивную тепловую технику, такую как интеллектуальные терморегуляторы или светодиоды. В общем, работа Н.В. Пилипенко рассматривает вопросы, связанные с оптимизацией тепловых потерь и эффективностью зданий и сооружений, и предлагает практические рекомендации по их обеспечению. В работе Н.В. Пилипенко предлагается множество методов оптимизации тепловых потерь и эффективности зданий и сооружений. Эти методы базируются на увеличении теплоотвода, который может быть достигнут с помощью улучшения утеплительной системы, или за счёт внесения изменений в конструкцию. Также можно оптимизировать теплопотребление, применяя интеллектуальные терморегуляторы, устанавливая энергоэффективные окна или используя светодиодное освещение. Эти и другие методы направлены на повышение эффективности систем теплопотребления и минимизации тепловых потерь. Основным критерием эффективности зданий и сооружений является их способность к минимизации энергетических потерь. Основным показателем эффективности является видимое теплоотдачи здания и сооружения, которое может быть достигнуто за счёт устранения потерь тепла. Кроме того, важно отметить, что стоимость эксплуатации зданий и сооружений также должна быть минимизирована, чтобы достичь оптимальной эффективности энергопотребления.

В его работе представлен энергетический паспорт жилых и общественных зданий предназначен для подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности и 5 теплотехнических показателей здания, показателям, установленным в нормативных документах.

Энергетический паспорт здания должен содержать:

- Общую информацию о проекте;
- Расчетные условия;
- Сведения о функциональном назначении и типе здания;
- Объемно-планировочные и компоновочные показатели здания;
- Расчетные энергетические показатели здания, в том числе: Показатели энергоэффективности, теплотехнические показатели;
- Сведения о сопоставлении с нормируемыми показателями;
- Рекомендации по повышению энергоэффективности здания;
- Результаты измерения энергоэффективности и уровня тепловой защиты здания после годичного периода его эксплуатации;
- Класс энергетической эффективности здания.

Основные характеристики и показатели здания, по которым рассчитывается эффективность в данной работе, разделяются на несколько разделов, таких как:

- Общая информация о здании;
- Расчетные условия функционирования здания;
- Геометрические показатели здания;
- Теплотехнические показатели;
- Вспомогательные показатели;
- Удельные характеристики здания;
- Коэффициенты и комплексные показатели.

При рассмотрении его работы можно составить таблицу со всеми показателями, разделенными по группам, приведено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Показатели зданий и строений.

№ п/п	Наименование расчетных параметров	Обозначение символа	Единицы измерения параметра
Расчетные условия функционирования здания			
1	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	t_n	К
2	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	К
3	Продолжительность отопительного периода	$Z_{от}$	сут/год
4	Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	К·сут/год
5	Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	t_b	К
Геометрические показатели здания			
6	Сумма площадей этажей здания	$A_{от}$	M^2
7	Площадь жилых помещений	$A_{ж}$	M^2
8	Отапливаемый объем	$V_{от}$	M^3
9	Коэффициент остекленности фасада здания	f	
10	Показатель компактности здания	$K_{комп}$	
11	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания	$A_n^{сум}$	M^2
12	в том числе:		
	фасадов	$A_{фас}$	M^2
	окон и балконных дверей	$A_{ок}$	M^2
	входных дверей	$A_{дв}$	M^2
	чердаков	$A_{черд}$	M^2
13	Окон по сторонам света:		
	С		
	З		
	В		
	Ю		
	ЮВ/ЮЗ		
	СВ/СЗ		

Таблица 1.1 – Показатели зданий и строений.

№ п/п	Наименование расчетных параметров	Обозначение символа	Единицы измерения параметра
Теплотехнические показатели			
14	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе	$R_o^{пр}$	$m^2 \cdot K/Вт$
	стен	$R_{o,ст}^{пр}$	
	окон и балконных дверей	$R_{o,ок}^{пр}$	
	входных дверей	$R_{o,вх.дв}^{пр}$	
	перекрытий (совмещенных)	$R_{o,перек}^{пр}$	
	чердаков	$R_{o,черд}^{пр}$	
Вспомогательные показатели			
15	Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_{общ}$	$Вт/(m^2 \cdot K)$
16	Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	n_B	$ч^{-1}$
17	Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{быт}$	$Вт/m^2$
Удельные характеристики здания			
18	Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}$	$Вт/(m^3 \cdot K)$
19	Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}$	$Вт/(m^3 \cdot K)$
20	Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{быт}$	$Вт/(m^3 \cdot K)$
21	Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}$	$Вт/(m^3 \cdot K)$
Коэффициенты и комплексные показатели			
22	Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	ζ	
23	Коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	ξ	

Таблица 1.1 – Показатели зданий и строений.

№ п/п	Наименование расчетных параметров	Обозначение символа	Единицы измерения параметра
24	Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{эф}$	
25	Коэффициент, учитывающий снижение использования теплоступлений в период превышения их над теплопотерями	ν	
26	Коэффициент учета дополнительных теплопотерь системы отопления	β_h	
Комплексные показатели			
27	Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	q	кВт·ч/(м ³ ·год)
28	Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период	$q^p_{от}$	Вт/(м ³ ·К)
29	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$Q^{год}_{от}$	кВт·ч/год
30	Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий	$q^{TP}_{от}$	Вт/(м ³ ·К)
31	Класс энергосбережения		
32	Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащит		

Еще одним из источников является статья выпущенная в 2021 году Е. Г. Гашо, В. С. Пузаков, С. В. Гужова, «Анализ проблем и тенденций развития систем теплоснабжения крупных городов россии» в журнале «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА» в данной работе авторы собрали для анализа информацию средних и крупных городов, рассмотрели применение автономных систем теплоснабжения из-за отсутствия качественного

проектирования новых систем, их неточности и больших погрешностей в разработке. Рассказали о проблеме промышленного использования тепла, что зачастую системы используют большее количество топлива, покрывая расходы за счет промышленности, выдавая им большее количества тепловой энергии, чем это требуется, попытки закрыть изъяны в сложных городских тепловых пунктах. Все это говорит об отсутствии понимания и недостатка конкретной информации по тепловой энергии необходимой для обеспечения энергоэффективного теплоснабжения жилых зданий.^[2]

Работа Е. Г. Гашо, В. С. Пузаков, С. В. Гужова посвящена исследованию развития систем теплоснабжения крупных городов России. Она исследует методы определения параметров теплоэффективности и источников теплопотребления зданий, а также влияющие на их развитие тенденции.

Для определения параметров теплоэффективности авторы используют следующие методы: анализ потребления конкретных зданий и массовый анализ по городам.

Массовый анализ включает в себя оценку расходов тепловой энергии на обогрев зданий и воды для горячего нагрева, сравнение потребления тепловой энергии с расходами на отопление по группам зданий, анализ расходов электроэнергии и тепловой энергии для производства электроэнергии, а также оценка теплопотребления отдельных зданий.

Для расчета параметров теплоэффективности используются математические и гидравлические методы. Первые используются для оценки эффективности использования теплоты и затрат энергии, а вторые позволяют оценить расход и качество теплового воздуха, а также расход потоков теплоты.

В работе Е. Г. Гашо, В. С. Пузаков, С. В. Гужова предлагаются меры по улучшению теплоэффективности. Они включают в себя проектирование, реконструкцию и модернизацию теплосетей, улучшение технического обслуживания и обслуживания зданий, а также применение

энергосберегающих технологий. Рассматриваемая работа предлагает актуальное исследование вопроса теплоэффективности и теплоснабжения крупных городов. В ней также представлены практические меры по улучшению теплоэффективности, а также методы оценки параметров теплоэффективности и источников теплопотребления зданий.

Технологии и методы уже применяются в некоторых крупных городах России, таких как Москва, Санкт-Петербург и Новосибирск. Например, в Москве был запущен проект эффективного использования теплоты для отопления зданий, а в Новосибирске была произведена модернизация теплосетей.

Таким образом, что данная сфера дает положительные результаты в России, пользуясь несомненным успехом. Использование новых технологий и методов оценки теплоэффективности и теплоснабжения позволяет увеличить теплоэффективность и экономить ресурсы в сравнении с предыдущими системами.

По мнению авторов, применение этих методов и технологий может снизить использование тепловой энергии на 20-30%. Например, в городе Новосибирск было достигнуто существенное снижение потребления тепловой энергии. В результате проекта было достигнуто снижение потребления тепловой энергии на 20%, что существенно повышает эффективность использования тепловой энергии.

Основные методы и технологии для оценки теплоэффективности и теплоснабжения, предложенные Е. Г. Гашо, В. С. Пузаков, С. В. Гужова, включают в себя моделирование теплопотребления зданий, исследование динамики теплового потока, оценку теплоэффективности и мониторинг теплоснабжения.

Для расчета параметров используются инструменты компьютерного моделирования и программного обеспечения. Применение этих методов и технологий является актуальным во многих городах и странах мира, которые пытаются эффективнее использовать источники тепловой энергии и снизить

потребление тепловой энергии. В результате это было существенно более эффективно, чем прошлые системы. Например, в России был разработан новый метод расчета теплоэффективности зданий, который применяется для оценки его теплоэффективности. Он позволяет рассчитать ориентировочный показатель теплоэффективности здания, что помогает планировать и организовывать более эффективное теплоснабжение. Этот метод позволяет применять более дешевую и менее расходную технологию и методы, что в свою очередь существенно снижает потребление тепловой энергии. Также были успешно применены новые технологии в

Для производства расчета авторы используют компьютерное моделирование и программное обеспечение. Например, для расчета постоянного теплоэффективного соотношения, используется программа по анализу, симуляции и терраформированию данных, такая как ArcGIS. Эта программа предоставляет разработчикам мобильные и Web-приложения, которые позволяют проанализировать данные, создавать карты и отслеживать динамику изменения температуры и баланса теплового потока в реальном времени.

Третьим источником литературного обзора является учебник Макарова А.А. «Основы современной энергетики. Современная теплоэнергетика. Ч. 1. Современная теплоэнергетика», изданная в 2014 году, посвящена исследованию тепло- и массообмена в зданиях. В данной работе освещается влияние температуры и влажности на тепло- и массообмен, а также рассматривается вопрос о температурном режиме зданий. Более того, данная книга предоставляет практические рекомендации по проектированию систем отопления и вентиляции зданий.^[3]

Температурный режим зданий представлен в учебнике как комплекс процессов, взаимодействующих друг с другом. Эти процессы включают в себя процессы потери тепла, теплоотдачи и процессы теплоснабжения. Объем и направление теплотоков определяются главным образом температурным режимом зданий, а также свойствами и параметрами зданий,

а именно: температурой и влажностью воздуха, теплоизоляционными свойствами стен и кровли здания, а также температурой и влажностью грунта. Таким образом, температурный режим зданий является комплексным процессом, включающим в себя множество различных факторов.

Также были представлены методы повышения теплоэффективности зданий. Эти методы могут включать в себя использование теплоизоляционных материалов и окон, реконструкцию зданий с учетом температурных характеристик, а также создание правильно проектируемых систем отопления и вентиляции.

Для анализа теплотребления здания предлагается использовать специально разработанные компьютерные программы, а также температурные симуляционные модели. Данные инструменты позволяют проводить детальное анализирование температурного режима зданий и предоставляют подробную информацию о потерях тепла и теплоотдаче, а также о потребности здания в теплоснабжении.

Данный источник поможет в нашей работе по трем основным пунктам. Во-первых, позволит нам получить качественную информацию о температурном режиме зданий. Во-вторых, он предоставит нам практические рекомендации по проектированию систем отопления и вентиляции зданий. В-третьих, он представит нам ряд методов по повышению теплоэффективности здания.

Для формирования температурного режима зданий необходимо:

1. Проанализировать температурные характеристики зданий и провести их сравнительный анализ.
2. Проанализировать влияние температуры и влажности на тепло- и массообмен.
3. Рассчитать объем теплотоков и направление их движения.
4. Оценить потребность здания в теплоснабжении и провести анализ теплотребления.

5. Провести детальный анализ рассчитанных показателей и проектировать теплоизоляционные системы с учетом температурного режима здания и потребностей в теплоснабжении.

Четвертым источником является работа В.А.Зубанов, в которой автор анализирует работу систем теплоснабжения в реальных условиях, чтобы оценить их эффективность и экономичность. Для этого автор применяет процессную учетную модель.^[4]

Модель должна учитывать следующие элементы: финансовые условия и мероприятия по улучшению эффективности системы теплоснабжения; использование современных технологий для оптимизации двигателя; и принятие решений на уровне организации. Таким образом, системы теплоснабжения здания можно оценить по параметрам эффективности и экономичности.

Показатели эффективности исчисляются на основе сравнения потребляемой энергии при использовании текущих установок тепло- и электроснабжения с аналогичными показателями при использовании более современных и инновационных технологий. Значение этих показателей также может быть оценено посредством сравнения результатов расчетной и экспериментальной диагностики и мониторинга, а также сравнением эффективности при существующих и проектируемых затратах. Экономичность же вычисляется на основе анализа затрат на потребление энергоресурсов по месяцам, годам и циклам ремонта.

Для расчета необходимо учитывать в первую очередь износные затраты; производительность и эффективность затраченных материалов и элементов установок; а также связанные с этим потери времени и денежные затраты.

Исходя из этих расчетов, автор предлагает внедрять меры, направленные на улучшение стабильности и защиты системы теплового потребления. Предлагаемые меры включают в себя развитие циклических процессов контроля, настройку оборудования под постоянно меняющиеся

условия работы, а также проектирование под условия высокой эффективности и надежности. Автор использует энергоэффективные материалы и проведение периодической диагностики теплоснабжения. Он отмечает важность разработки долгосрочной программы усовершенствования теплоснабжающих систем.

Автор предлагает использовать энергоэффективные материалы для максимизации теплопроизводительности оборудования и элементов теплоснабжения. Эти материалы могут быть изготовлены из различных типов и видов отработанного продукта, таких как пластмассовые литые изделия, цветные и металлические изделия, резиновые изделия. Кроме того, можно использовать современные технологии, такие как отводная труба с теплоизоляцией, отдельно установленный терморегулятор, регулируемые входные/выходные патрубки и другие термоконтроллеры, а также использование современных отопительных систем с энергоэффективными и надежными элементами управления.

Широкий ассортимент современных теплоизоляционных материалов, включая полиуретан, резину, пенополистирол, пенополиэфир, минеральную вату и другие традиционные теплоизоляционные материалы. Также автор использует аудио и видео технологии для оценки эффективности систем теплоснабжения и сбора показаний их внутренних компонентов. Например, аудио-системы и видео-системы могут быть использованы для контроля звуковых характеристик и механических эффектов, связанных с работой систем теплоснабжения.

Системы теплоснабжения оцениваются по таким параметрам, как энергоэффективность, надежность, экономичность, удобство использования и интеграция с другими системами. Кроме того, автор оценивает системы теплоснабжения по таким параметрам, как энергосбережение, производительность и безопасность. Эти параметры рассчитываются с помощью методов математического моделирования, анализа систем и исследования экспериментальных данных. На основе исследования

эффективности систем можно оценить производительность и надежность системы, а также экономичность и интеграцию с другими системами.

Внедрение различных мер для обеспечения эффективности и экономичности работы системы теплоснабжения. В частности, автор предлагает улучшить производительность и надежность оборудования и элементов теплоснабжения с помощью энергоэффективных материалов, а также использованием современных технологий, аудио и видео технологий для оценки эффективности систем теплопотребления и сбора показаний их внутренних компонентов.

В пятом источнике за авторством В. И. Лысёв, А. В. Цыганков, А. К. Рубцов, А. С. Шилин «Оценка энергетической эффективности отопления зданий» представлен расчет.^[5]

Анализ систем теплопотребления зданий имеет большое экономическое значение для собственников зданий, эксплуатирующих организаций и органов государственной власти. Поэтому необходимо оценивать и анализировать энергоэффективность зданий. Для оценки энергоэффективности зданий используется стандарт ГОСТ Р 55656–2013, в котором приводятся указания и рекомендации по расчёту годовых затрат энергии на поддержание микроклимата в помещениях здания. Расчёт энергоэффективности зданий основывается на таких факторах, как нормируемые параметры микроклимата, объёмно-планировочные решения и теплотехнические характеристики ограждающих конструкций здания, внутренние источники поступлений теплоты в помещения здания, расход наружного приточного воздуха и климатические параметры региона. Для проверки эффективности были исследованы здания учебного корпуса и студенческого общежития Университета ИТМО. Они находятся в городе Санкт-Петербурге, близки по размеру и эксплуатируются одной организацией. В итоге были сравнены расчётные и нормируемые характеристики энергопотребления с фактическими значениями. Этот анализ помог определить степень энергоэффективности зданий и предложить

оптимальные схемы модернизации систем отопления и кондиционирования воздуха.

В работе было продемонстрировано, что во время эксплуатации здания возможно увеличение значения трансмиссионного коэффициента теплопередачи наружных ограждающих конструкций. Поэтому в дальнейших расчётах использовался коэффициент теплопередачи, увеличенный на 20%. Архитектурные и теплотехнические характеристики зданий были представлены в работе. Трансмиссионные потери теплоты из помещений здания через наружные ограждающие конструкции могут быть оценены с помощью формулы, представленной в работе, где для города Санкт-Петербурга средняя продолжительность отопительного периода равна 5112 часам, а среднее значение температуры наружного воздуха составляет $-1,3^{\circ}\text{C}$. Для оптимальной температуры воздуха в помещениях в процессе отопительного периода рекомендуемое значение равно 20°C . Параметры функционирования зданий были обобщены в таблице.

Энергетическое обследование зданий учебного корпуса и общежития ИТМО показало различия в расчётных, нормируемых и фактических характеристиках энергопотребления в отопительный период. Основную долю тепловой энергии занимает компенсация потерь теплоты через ограждения здания. Потребление энергии на вентиляцию в обоих зданиях составляет около 5%. Расхождение между фактическим и расчётным потреблением энергии было уменьшено на 20%. Удельная теплозащитная характеристика здания превышает нормируемое значение почти в 2–2,5 раза. По комплексному показателю превышение соответствующих нормам значений составляет 5% для здания учебного корпуса и 18% для здания общежития.

Авторы также анализируют процесс управления теплопотреблением здания и выделяют важные аспекты, которые следует учитывать при проектировании систем отопления. Они предлагают методику оценки энергетической эффективности систем отопления, а также предлагают несколько рекомендаций для улучшения энергоэффективности таких систем.

В целом, эта работа позволяет лучше понять принципы оценки энергетической эффективности систем отопления и предлагает целесообразные рекомендации для улучшения энергоэффективности таких систем. Это может помочь проектировщикам и инженерам более эффективно разрабатывать системы отопления для государственных, коммерческих и жилых зданий.

В магистерской работе также представлены основные формулы для построения температурных графиков. Примененные формулы не смогут быть использованы без внесения изменений, но станут неплохой базой для их усовершенствования с использованием температурных таблиц за 5 предыдущих лет, собранных мною на основе данных о городе Красноярске с сайта www.gismeteo.ru.

В результате изучения литературы по мере изучения работы, а также используя ранее описанные источники можно определить общую концепцию написания работы, воспользоваться существующими наработками в данной сфере, актуализировать цели и задачи, поставленные руководителем. Главное, что на сегодняшний день методики анализа не получили принципиальных отличий в расчетах, а упростились за счет использования современных существующих онлайн платформ и программ. Многие уже начали применять и внедрять в существующие проекты, получать действительно положительные результаты, что приводит к увеличению общего КПД теплоснабжения, уменьшению затрат на топливо, что в свою очередь влияет на экологическую составляющую с уменьшением необходимого топлива. Но для корректной работы необходим первоначальный сбор и анализ всех параметров с помощью датчиков, либо ручного сбора информации с приведением его к читаемому виду.

2 Существующие технологии для анализа теплопотребления зданий

Существует несколько технологий для анализа теплопотребления зданий, включая следующие:

1. Инфракрасная термография. Эта технология использует камеры, которые могут измерять тепловое излучение с поверхности здания. Она может использоваться для выявления утечек тепла через стены, окна и двери, а также для оценки эффективности изоляции здания. Этот метод позволяет получить картину тепловых потоков на поверхности зданий с помощью инфракрасной камеры. Она может определить области, в которых возникают тепловые потери, и места, где происходят тепловые нагрузки. Такая картина может быть использована для выявления дефектов в теплоизоляции зданий и определения неэффективных мест в системе отопления и вентиляции.

2. Аудит энергопотребления. Аудит проводится для определения, какое количество энергии используется зданием и как эта энергия используется. Этот метод может включать анализ систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, освещения и других систем. Этот метод представляет собой систематическое измерение и анализ энергопотребления здания. Он включает в себя анализ устройств отопления и вентиляции, электроприборов, используемых в здании, и др. Энергоаудит может помочь выявить неэффективные системы и оборудование, а также предложить способы улучшения эффективности.

3. Моделирование теплопотерь. Этот метод использует компьютерные программы для моделирования теплопотерь здания. Он может помочь выявить узкие места в здании, которые могут быть улучшены, чтобы снизить энергопотребление. Этот метод использует компьютерные программы для анализа теплопотребления зданий. Он позволяет моделировать поведение здания в различных климатических условиях и изменять параметры, такие как уровень теплоизоляции и температура внутри

здания. Симуляция моделирования может помочь выявить неэффективные системы и оборудование, а также предложить способы улучшения эффективности.

4. Использование датчиков температуры и влажности. Датчики могут быть размещены по всему зданию, чтобы измерять температуру и влажность в разных зонах. Эти данные могут использоваться для оптимизации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

5. Анализ потребления электроэнергии. Этот метод использует данные о потреблении электроэнергии зданием для определения, какие системы потребляют больше энергии, и для выявления возможных узких мест. Метод заключается в сборе и анализе информации об использовании энергии в здании. Он включает в себя анализ счётчиков электроэнергии, газа и воды. Анализ потребления энергии может помочь выявить неэффективные системы и оборудование, а также предложить способы улучшения эффективности.

Все эти технологии могут быть использованы для анализа теплоснабжения зданий и оптимизации их энергоэффективности. Каждый из этих методов может использоваться для анализа теплоснабжения зданий, и часто используются вместе для достижения наилучшего результата.

2.1 Основной параметр, принятый для анализа зависимостей

Исходными данными для данной методики являются показания приборов учёта тепловой энергии, установленных на данных зданиях и характеристики объектов.

Анализ показателей энергопотребления. Согласно СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий", для расчёта потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания используется показатель потребления тепловой энергии на 1 куб.м отапливаемого объёма здания при перепаде температуры на 1 °С, обозначаемый как $q_{от}$. Удельную характеристику потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания для

конкретного объекта можно определить, учитывая показатели использования тепловой энергии, полученные за период средней разницы между температурой наружного воздуха и температурой внутри помещений здания, а также отапливаемый объем здания.

Оценка энергопотребления здания и его вентиляции необходима для проектов и эксплуатации зданий. Некоторые классы энергоэффективности запрещены для использования в проектах зданий. Цель - улучшить энергоэффективность зданий с помощью экономических мер, как для разработчиков, так и для операторов.

Для определения эффективности работы системы может быть произведён расчёт удельной характеристики потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию рассматриваемых объектов.

Усреднённую удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания для действующего объекта, возможно, определить на основании показаний прибора учёта тепловой энергии, установленного на здании. Для этого необходимо отнести количество тепловой энергии, полученной объектом за период усреднения к усреднённой разнице между температурой внутреннего воздуха здания и температурой наружного воздуха, а также к отапливаемому объёму здания:

$$q = \frac{Q_{\text{пот}}}{(t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}) \cdot V \cdot \tau}; \quad (1.1)$$

Где q – удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания;

$Q_{\text{пот}}$ – тепловое потребление здания для периода сравнения, Дж;

V – Отапливаемый объем здания, м³;

τ – период усреднения, с;

$t_{\text{вн}}$ – внутренняя температура здания, °С;

$t_{\text{нар}}$ – наружная температура.

Значение удельной характеристик расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания должно быть меньше или равно нормируемого значения, согласно СП 50.13330.2012, Вт/(м³*°С):

$$q_{\text{расчитанное}} \leq q_{\text{норм}} \quad (1.2)$$

где q – нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, Вт/(м³*°С), определяемая для различных типов жилых и общественных зданий. Представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, Вт/(м³*°С).

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1 Жилые многоквартирные гостиницы, общежития	0.455	0,41 4	0.372	0.359	0.336	0.319	0,30 1	0.290
2 Общественные, кроме перечисленных в строках 3-6	0.487	0.440	0,4 17	0,37 1	0.359	0.342	0.324	0,31 1
3 Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	0.394	0.382	0.371	0.359	0.348	0.336	0.324	0,31 1
4 Дошкольные учреждения, хосписы	0.521	0.521	0.521	-	-	-	-	-
5 Сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности, технопарки, склады	0.266	0.255	0.243	0.232	0.232			

Таблица 2.1 - нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, Вт/(м³*°С).

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
б Административного назначения (офисы)	0.417	0.394	0.382	0.313	0.278	0.255	0.232	0.232

В нашем случае нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий равняется 0,521 Вт/(м³*°С) , так как исходное здания относится к дошкольному учреждению в два этажа.

2.2 Рассмотрение вариативности для увеличения эффективности теплоснабжения здания

Сейчас стоит проблема разрыва между теоретическим и фактическим потреблением энергии. Теоретические отклонения могут быть вызваны неточностью в поведении пассажиров, неоптимальным использованием жильцами, неточностью исходных данных и допущений для построения моделей, ограничениями измерительных систем, неточностью климатических данных и неисправным оборудованием. Для решения проблемы фактических отклонений необходимо применять методы мониторинга и непрерывных итераций, а также сотрудничество между заинтересованными сторонами. Также важно учитывать дополнительные соображения по модернизации, оптимизации потребления и подходы к энергетической маркировке и расчётам. Технические факторы могут быть улучшены для достижения оптимального потребления энергии. Например, точность стандартных значений может быть улучшена, а также можно использовать более точное оборудование и средства измерения. Таким образом, применение научных методов и технологий может помочь устранить разрыв между теоретическим и фактическим потреблением

энергии и достичь оптимального потребления. Кроме того, необходимо уделить внимание разработке фактических решений для устранения отклонений. Это может включать в себя привлечение экспертов для анализа и исправления неточностей, а также разработку и внедрение новых технических решений для повышения эффективности потребления энергии. Важно также проводить обучение и информационные кампании среди жильцов и пассажиров, чтобы они могли правильно использовать энергию и вносить свой вклад в достижение оптимального потребления. В целом, использование комплексного подхода, включающего технические, организационные и информационные меры, может помочь решить проблему разрыва между теоретическим и фактическим потреблением энергии и достичь оптимального уровня потребления.

Что касается предложений по увеличению эффективности теплоснабжения зданий, хочется выделить следующее: можно уменьшить теплоснабжение в системе двумя способами: изменить график температур в системе отопления или изменить расход теплоносителя, контролируя автоматический регулятор температуры в каждом радиаторе помещения. Этот расчёт подходит только для конкретного здания. Для каждого здания необходимо проводить расчёт по аналогичной методике.

Опыт регулировки каждого отопительного прибора с помощью настроек температуры не является оптимальным решением. Во-первых, традиционные системы отопления работают на принципе потока, и для регулировки температуры необходимо установить обходной путь, который позволяет теплоносителю проходить через отопительный прибор в дополнение к основному потоку. Следует отметить, что в системе отопления с закрытыми участками для обеспечения максимальной эффективности передачи тепла диаметр труб должен быть больше; поэтому при проектировании системы в таких помещениях могут возникнуть трудности.

Кроме того, следует понимать, что настройки температуры не могут рассматриваться только для части системы отопления, которую необходимо

регулировать для всех отопительных приборов. Тогда только отопительный прибор регулируется, а полы и стены рядом с прибором продолжают нагревать комнату, и при низких температурах подачи и обратки теплоотдача достигает только 40% или меньше.

Наконец, когда система отопления с настройками температуры подключена к системе отопления через насос, уменьшение потока в системе отопления под действием закрывания настроек температуры не приводит к снижению температуры потока, проходящего через систему отопления от котла. В результате температура обратной воды из системы отопления снижается, а уменьшение потока вызывает ещё большее понижение температуры потока, проходящего через систему отопления. Поэтому в таких системах необходимо контролировать насос с регулируемой головкой на циркуляционном контуре системы отопления с автоматическим поддержанием установленного графика температур. Считается, что большинство энергосбережения от использования систем отопления с настройками температуры достигаются через автоматизацию в системе отопления.

Кроме того, использование настройки температуры не обеспечивает контроля за равномерностью нагрева помещения. При этом, часто бывает, что отопительные приборы находятся в неправильном месте, что может приводить к тому, что некоторые участки помещения нагреваются недостаточно, тогда как другие – перегреваются.

Другим важным аспектом является тот факт, что настройка температуры не позволяет оптимально использовать тепло, которое выделяется отопительной системой. В современных системах отопления применяются специальные регулирующие клапаны, которые обеспечивают точное дозирование тепла в каждой комнате. Таким образом, можно регулировать температуру в каждой комнате по отдельности, что снижает расходы на отопление и повышает комфорт жильцов.

В целом, использование настройки температуры является менее эффективным способом регулирования отопления, чем использование современных систем автоматического регулирования. Такие системы позволяют оптимизировать расход тепла и энергии, снижать затраты на отопление и повышать комфорт жильцов.

В начальной части проекта предусматривается принятие мер по утеплению стыков сначала характеристических блоков с использованием политермопласта и герметизации стыков жилых и промышленных зданий (стыков сначала характеристических блоков и стыков, перекрытий, окон). Предусматривается улучшение качества прокладки внутренних коммуникаций, установка диафрагмирования и заделка открытых отверстий в стенах для электрических и слаботочных сетей. Для утепления стыков жилых и промышленных зданий следует использовать прокладки из полипропилена.

В проекте жилых домов следует увеличить ширину корпуса для меридиональной ориентации. Дома имеют до 12 этажей, а также односекционные дома имеют более высокие удельные проходы тепла, и в этой связи их применение в массовом строительстве неэффективно.

По вентиляционным системам:

Предусмотреть системы отопления с тепловым эффектом.

Для домов с ограждающими конструкциями из тяжёлого железобетона предусмотреть системы пахельного отопления с расположением нагревательных элементов как на стыках характеристических блоков, так и на стенах железобетонных перегородок.

Предусмотреть в системах отопления регулирование объёма (пофасадное) и регулирование теплоподдачи.

Предусмотреть диспетчеризацию управления пахотной тепловой сетью.

При реализации технико-экономических решений все трубопроводы, прокладываемые в техническом подполье, следует изолировать.

В зданиях до 9 этажей следует предусмотреть возможность установки малошумных циркуляционных насосов типа ЦМБЦ, обеспечивающих стабилизацию работы системы отопления, снижение их металлоёмкости и уменьшение прохода тепла.

Предлагается провести исследования и проверить эксплуатационные характеристики различных барьерных систем отопления (радиаторных или панельных систем отопления с подвесными доборными элементами, с вентиляторными конвекторами и т.д.) в экспериментальной лаборатории. Предусматривается, что в зависимости от отрасли промышленности (в первую очередь в малоэтажных зданиях), переход к автоматизированным индивидуальным поквартирным газовым или электрическим теплогенераторам, дающим значительную экономию его расхода. Расширить научно-исследовательские работы, возможные для широкого использования геотермальных вод и солнечной энергии для целей теплоснабжения. Предусмотреть проведение научно-исследовательской работы, направленной на поиск средств дым защиты путей эвакуации в многоэтажных зданиях железобетонной конструкции, так как в электрических клетках "с проходом через воздушную зону" на каждом этаже теплотери чрезмерно велики. По улучшению качества материалов и изделий: не допускать применения в производстве материалов и изделий, не соответствующих требованиям ГОСТ. Вести контроль за теплофизическими свойствами выпускаемых изделий и их геометрическими параметрами на заводах крупнопанельного домостроения. Получать сертификаты на партии изделий, в которых указывать R_0 , и эти документы включать в акты на сдачу здания госкомиссии.

Для улучшения качества материалов и изделий также необходимо не допускать применения в их производстве материалов и изделий, не соответствующих требованиям ГОСТ. Кроме того, необходимо проводить контроль теплофизических свойств выпускаемых изделий и их геометрических параметров на предприятиях крупнопанельного

домостроения. Также необходимо выдавать сертификаты на партию изделий, в которых указывается соблюдение требований безопасности, и эти документы должны быть включены в акты на сдачу здания госкомиссии.

Для реализации предложения по переходу на применение более экологически чистых технологий необходимо изменить производство высокоэффективных теплоизоляционных материалов и других материалов, используемых для изготовления каркасов крупнопанельных домов, с целью повышения их теплоизоляционных свойств. Также необходимо усовершенствовать качество герметиков и других уплотняющих материалов.

Для обеспечения надёжной защиты от холода необходимо расширить производство теплоизолирующих (селективных) стёкол для обеспечения нужд строительства. Также необходимо провести научно-исследовательские работы по созданию теплоизолирующих плёнок для оконных профилей.

2.3 Класс энергоэффективности

С 2016 года, согласно приказу Минстроя РФ, каждому дому в России присваивается класс энергоэффективности. Чтобы понять, сколько энергоресурсов потребляет здание, специалисты определили девять классов: A++, A+, A, B, C, D, E, F и G.

Более наглядно классы представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. - Классы энергоэффективности и их экономичность

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчётного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
A++	Очень высокий	Ниже -60	Экономическое стимулирование
A+		От -50 до -60 включительно	
A		От -40 до -50 включительно	

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчётного (фактического)	Рекомендуемые мероприятия.
B+	Высокий	От -30 до -40 включительно	Экономическое стимулирование
B		От -15 до -30 включительно	
C+	Нормальный	От -5 до -15 включительно	Мероприятия не разрабатываются
C		От +5 до -5 включительно	
C-		От +15 до +5 включительно	
D	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании
E	Низкий	Более +50	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании, или снос

3 Расчёт теплотребления зданий на примере выбранных проектов

3.1 Анализ исходных данных с датчиков, установленных внутри анализируемого помещения

Данное исследование было проведено на основе данных о температуре окружающего воздуха и потребляемой энергии, полученных из таблицы МБДОУ_283 - Теплотребления. Среднемесячные значения потребления энергии были рассчитаны и представлены на графиках для каждого месяца 2020 года. Анализ этих данных показал, что наибольшее потребление энергии происходило в зимние месяцы, что может быть связано с низкой температурой окружающей среды в городе Красноярск. Следовательно, рекомендуется уделить особое внимание повышению энергоэффективности здания в зимний период, чтобы сократить затраты на отопление.

3.2 Зависимость удельного теплопотребления от температуры наружного воздуха

Для анализа помещения необходимо построить зависимость удельного теплопотребления от температуры наружного воздуха за весь рассматриваемый период. График представлен на рисунке 3.1.

Линия тренда выполнена с величиной достоверности аппроксимации $R^2=0,7132$.

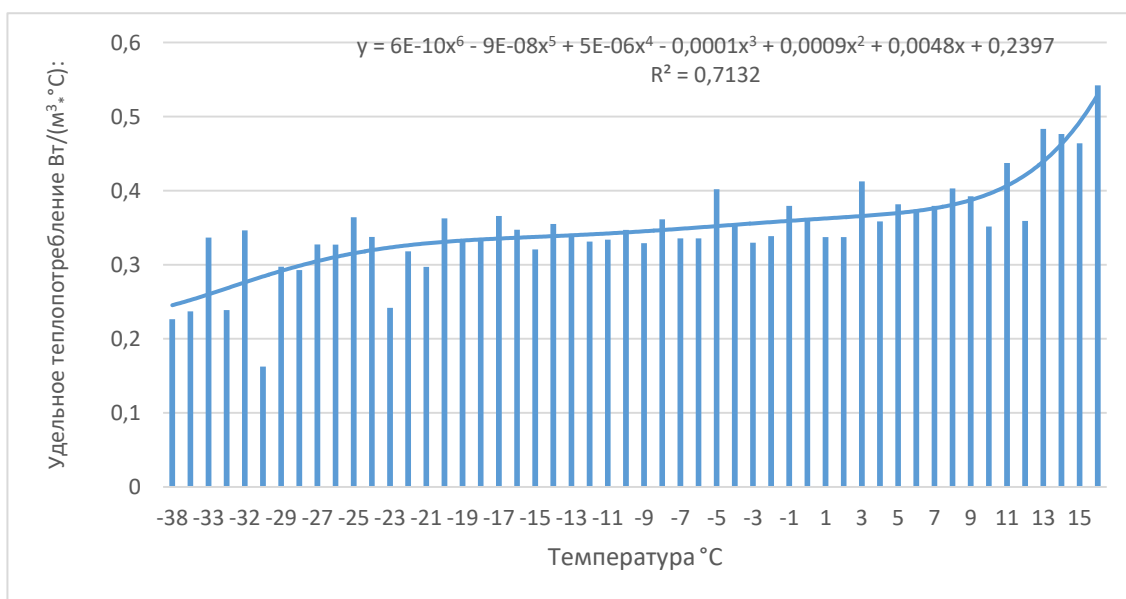


Рисунок 3.1 - Зависимость удельного теплопотребления от температуры наружного воздуха.

На графике видны отклонения при низких и высоких показаниях температуры внешнего воздуха, как известно удельное потребление тепла для системы обогрева должно изменяться по линейной формуле. На данном же графике линия тренда не линейна при достоверных значениях R^2 , это связано, что система отопления связана с ГВС, расход последних мы не можем просмотреть, так как отсутствуют датчики показывающие величину потребления на ГВС.

3.3 Зависимость dQ от температуры наружного воздуха

Еще одной зависимостью для анализа помещения является dQ от температуры наружного воздуха за весь рассматриваемый период. График представлен на рисунке 3.2.

Линия тренда выполнена с величиной достоверности аппроксимации $R^2=0,7132$.

График выполнен с учетом относительной погрешности прибора учета ПРЭМ, а именно $\pm 5\%$.

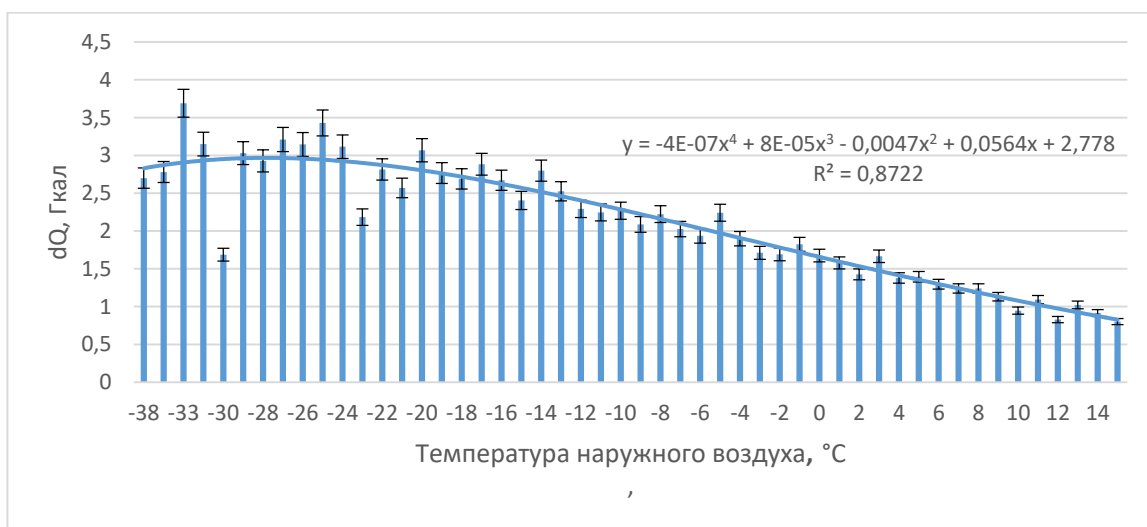


Рисунок 3.2 - Зависимость dQ от температуры наружного воздуха.

Анализ данного графика схож с зависимостью удельного теплопотребления от температуры наружного воздуха, график должен иметь линейную з-ть, но нету учета потерь на ГВС.

3.4 Зависимость температуры в трубопроводах от температуры наружного воздуха

В данном подразделе рассмотрим зависимость температуры в трубопроводах от температуры наружного воздуха. График представлен на рисунке 3.3.

График выполнен с учетом относительной погрешности прибора учета ПТ-100, а именно $\pm 2\%$.

Для полного анализа данный график рассматривается совместно с температурными графиками ТЭЦ-2. Расчеты и Линия тренда выполнены с величиной достоверности аппроксимации R^2 по построенному уравнению, зависящего от температурного графика и построенной линии зависимости температуры в трубопроводах от температуры наружного воздуха.

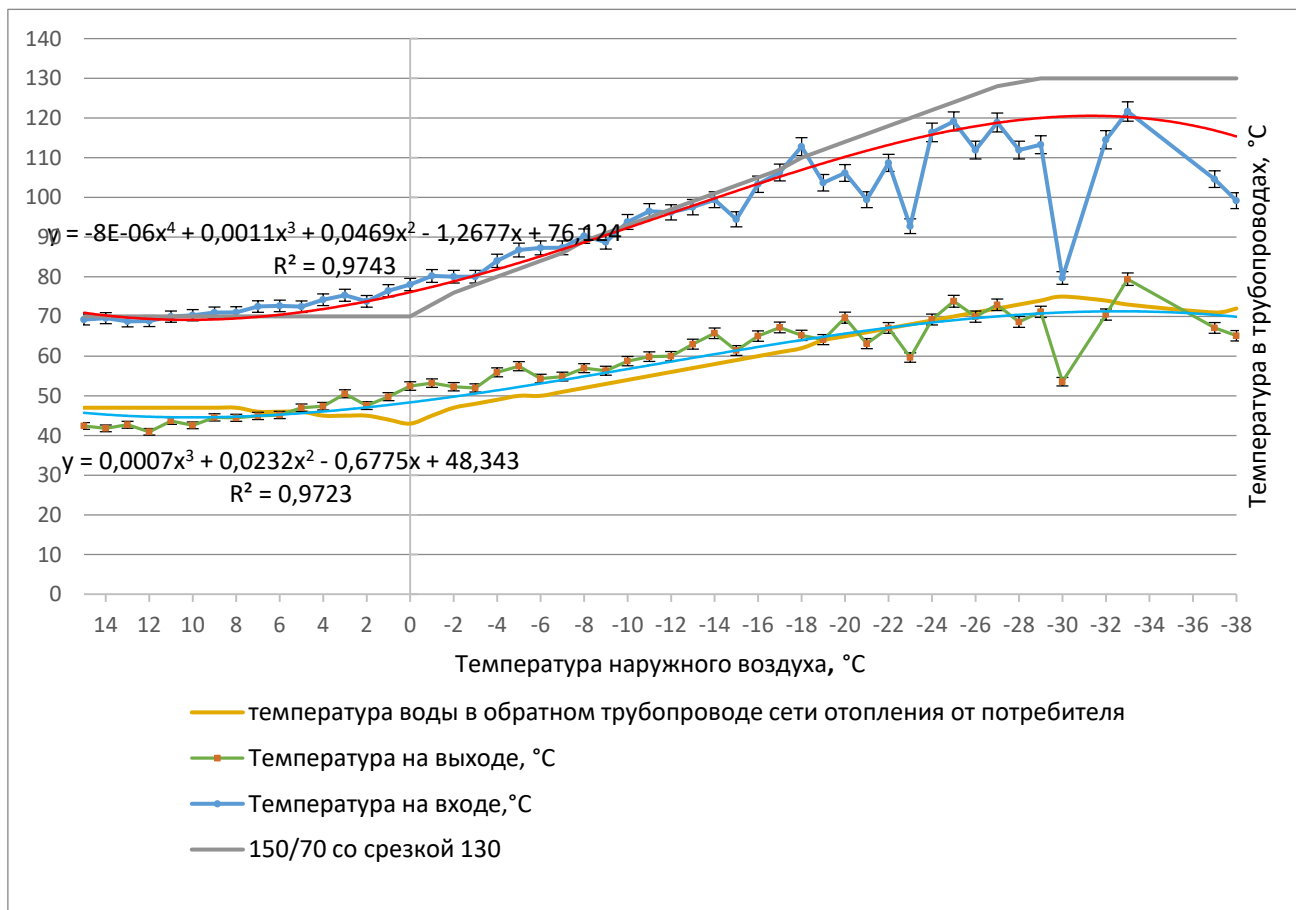


Рисунок 3.3 - Зависимость температуры в трубопроводах от температуры наружного воздуха.

Графически можно увидеть, что фактические (снятые датчиками) значения по температуре на выходе могут находиться ниже температурного графика при температуре выше 0 градусов, что говорит о неправильном регулировании внутри помещения, происходит пере потребление тепловой энергии.

В тоже время на обеих зависимостях можно разглядеть, что при более низких температурах происходит недодача энергии, связано это с нагрузкой

на механизмы подачи, система отопления не может выдать больше необходимой энергии, что влияет на износ ее составляющих, он повышается.

3.5 Зависимость Массы т % от температуры наружного воздуха

Здесь рассмотрим Зависимость температуры в трубопроводах от температуры наружного воздуха. График представлен на рисунке 3.4.

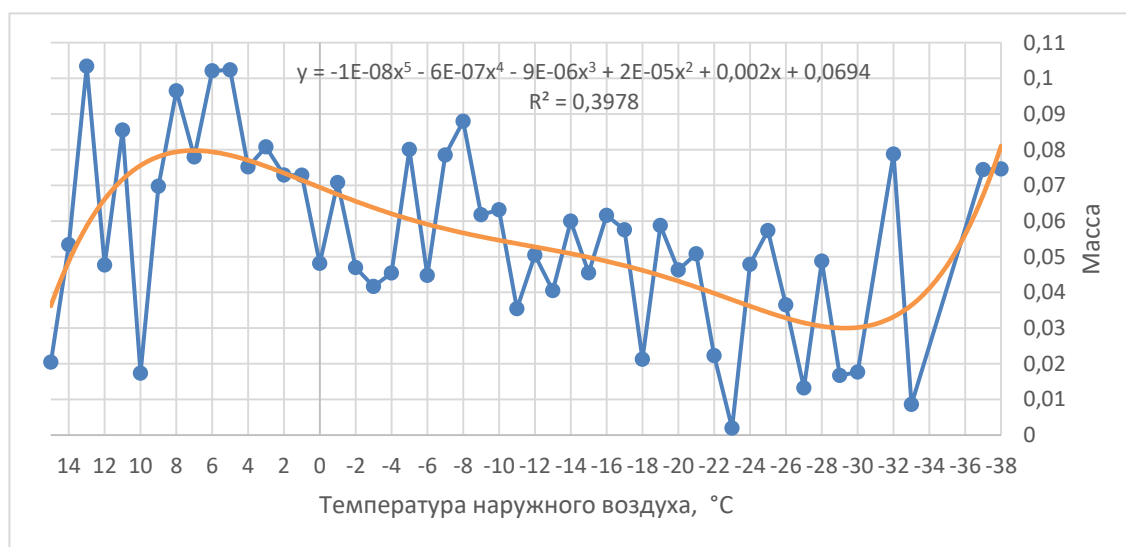


Рисунок 3.4 - Зависимость массы т % от температуры наружного воздуха.

Линия тренда показывает, что измерения имеют непостоянное значение потребляемой массы воды и не напрямую зависят от температуры наружного воздуха, колебания графика проявились из-за использования ГВС отбирающегося из системы отопления.

Отдельно хотелось, рассмотрим график фактической массы потребления воды схожий по своему строению с зависимостью от % соотношения массы. График представлен на рисунке 3.5.

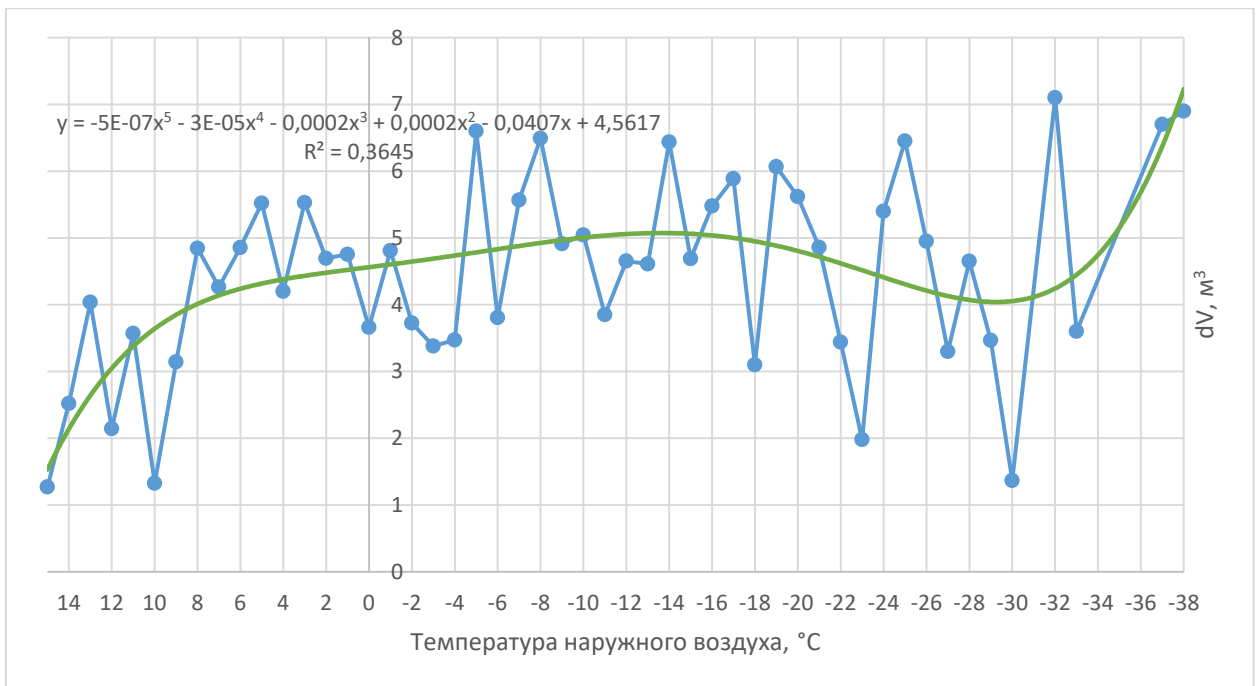


Рисунок 3.5 - Зависимость dV от температуры наружного воздуха.

График показывает, что объем потребляемый зданием растет с понижением температуры.

3.6 Зависимость расхода теплоносителя в трубопроводах от температуры наружного воздуха

Последним рассмотрим зависимость расхода теплоносителя в трубопроводах от температуры наружного воздуха. График представлен на рисунке 3.6.

График выполнен с учетом относительной погрешности прибора учета ПТ-100, а именно $\pm 2\%$.

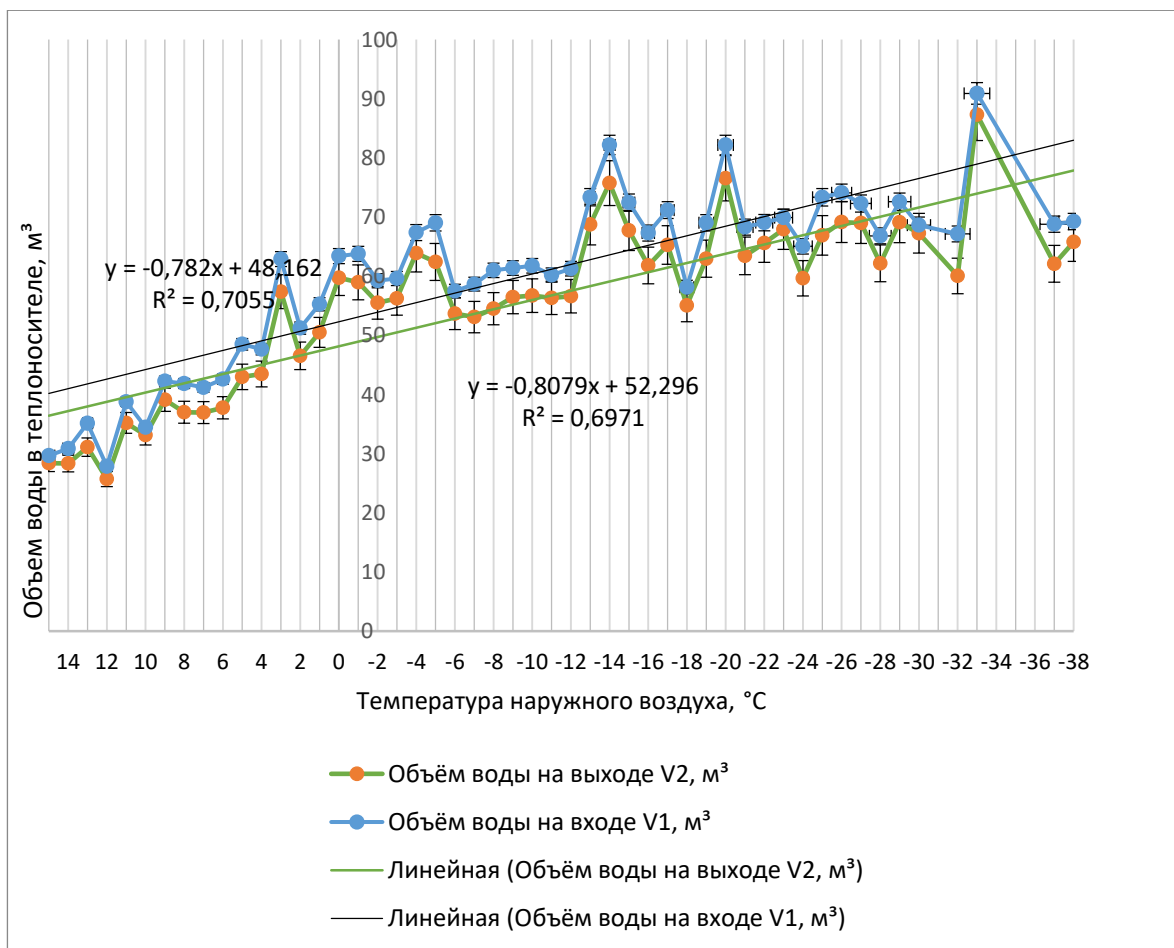


Рисунок 3.6 - Зависимость расхода теплоносителя в трубопроводах от температуры наружного воздуха.

Данный график тесно связан с зависимостью температуры в трубопроводах от температуры наружного воздуха, он показывает, что происходит неправильное регулирования, а также недодается необходимая энергия.

При построении линий тренда видно, что они равномерно распределены, но присутствует большое количество отклонений, показывающих, что происходит неправильное регулирование, при отрицательных температурах все значения по объему ниже требуемых для линейности, а значит дело в аппаратуре.

Данные для построения графиков были получены с использованием информации, представленной на сайте GisMetio, а также из таблицы данных МБДОУ_283. Предварительный анализ графиков позволяет сделать вывод,

что удельное теплотребление здания не является постоянным, а зависит от наружной температуры. И зависимость эта очень близка к линейной. Конкретно, при повышении наружной температуры удельное теплотребление также повышается, а при понижении температуры – снижается. Однако для эффективного функционирования здания необходимо добиться постоянства удельного теплотребления, что является важной задачей.

4 Анализ полученных результатов

4.1 Анализ и расчет

Исходя из того, что, мы хотим добиться постоянства величины удельного теплотребления, нами был проведён анализ, в каком случае оно таковым будет являться.

Очевидно, что на температуру наружного воздуха и на объем здания мы повлиять не можем. Внутреннюю температуру здания мы тоже не затрагиваем, отталкиваясь от того, что температура в детском садике установлена по нормам СанПиНа и должна таковой поддерживаться.

Остаётся параметр суточного расхода тепла, который в свою очередь определяется количеством и температурой воды, поступающей в тепловую систему здания.

Рассчитаем среднюю величину удельного теплотребления здания, за 2019, 2020 и 2021 года, обозначим её как – $q_{\text{идеальное}}$. Среднее удельное теплотребление здания, Вт/(м³*К):

$$q_{\text{идеальное}} = 0,39;$$

К достижению этой величины мы будем стремиться.

Рассчитаем на сколько нужно было бы понизить суточное теплотребление здания в апреле 2021 года.

Фактическое теплотребление за апрель, Гкал:

$$Q_{\text{факт.}} = 37,97 \text{ Гкал};$$

Среднемесячная температура: $t_{\text{нар}} = 8$;

Для дальнейшего расчета примем, что объём здания и внутренняя температура остаются такими же.

Из формулы (1.1) выведем величину теплового потребления здания, Гкал:

Из формулы $Q_{\text{идеальное}} = \frac{Q_{\text{расч.}}}{(t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}) \cdot V \cdot \tau}$ откуда получим:

$$Q_{\text{расч.}} = Q_{\text{идеальное}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}) \cdot V \cdot \tau \quad (1.4)$$

$$Q_{\text{расч.}} = \frac{0.39 \cdot (24 - 8) \cdot 9324 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 10^{-9}}{4.19} = 35,99 \text{ Гкал};$$

Разность теплового потребления здания находится:

$$\Delta Q = Q_{\text{ид.}} - Q_{\text{расч.}} \quad (1.5)$$

Получаем по формуле 1.5, что разность теплового потребления здания:

$$Q = 37,97 - 35,99 = 1,98 \text{ Гкал}$$

Следовательно, на это количество теплоты нужно снизить отопление, для достижения рассчитанного удельного теплопотребления.

Правомерность этих расчётов обосновывается тем, что из года в год, характер теплопотребления здания почти не изменяется, что отчётливо видно из графиков. Это позволяет нам, опираясь на прошлые данные, предсказать насколько требуется понизить или повысить теплопотребление здания, для достижения постоянного удельного теплопотребления.

Таким же способом произведём следующие расчёты, итоги расчетов сведем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты расчетов теплового потребления здания и разницы в между идеальными и фактическими показаниями.

Год	Месяц	Расчетное теплопотребление за месяц, Гкал	Среднемесячная температура, °С	Фактическое теплопотребление за месяц, Гкал	Разница между расчетным и фактическим теплопотреблением, Гкал	Разница между расчетным и фактическим теплопотреблением, %
2019	март	38,08	3,83	42,35	4,27	11,22
	апрель	30,47	7,40	37,34	6,87	22,55
	октябрь	37,42	6,32	41,09	3,67	9,81
	ноябрь	60,82	-8,40	72,88	12,06	19,84
	декабрь	66,61	-8,55	75,66	9,05	13,58
2020	январь	67,24	-18,29	98,30	31,06	46,20
	февраль	57,84	-3,86	60,59	2,75	4,75
	март	48,25	2,35	50,31	2,06	4,28
	апрель	15,62	14,05	15,67	0,05	0,33
	октябрь	44,67	5,61	42,74	-1,93	-4,32
	ноябрь	50,84	-2,50	59,61	8,77	17,25
	декабрь	77,11	-13,00	86,01	8,9	11,54
2021	январь	90,82	-17,90	97,40	6,58	7,25
	февраль	72,06	-10,50	72,43	0,37	0,52
	март	55,30	0,29	55,11	-0,19	-0,34
	апрель	37,97	8,00	35,99	-1,98	-5,21
	октябрь	1,02	5,00	1,42	0,4	39,68

Теперь сравним среднегодовые значения удельного теплopotребления здания, со значением, полученным из таблицы.

Согласно таблице, $q = 0,521 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, так как наше здание относится к зданиям дошкольных учреждений и хосписов.

За 2019 год, $q_{\text{ср}} = 0,36 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$.

За 2020 год, $q_{\text{ср}} = 0,40 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$.

За 2021 год, $q_{\text{ср}} = 0,40 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$.

За весь рассматриваемый период $q_{\text{ср}} = 0,389 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$.

Согласно условию, того, что: Значение удельной характеристик расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания должно быть меньше или равно нормируемого значения, согласно СП 50.13330.2012, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$

$$q_{\text{рассчитанное}} \leq q$$

Для каждого из трех годов это условие выполняется, что говорит о том, что данным методом анализа серьёзных нарушений в теплopotреблении здания не обнаружено.

Найдем энергоэффективность садика №283. Сведем все в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Класс энергоэффективности, рассматриваемого здания.

Период	Удельная характеристика тепловой энергии, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$:	Класс энергосбережения	
Март 2019	0,344	-34,0	B+
Апрель 2019	0,364	-30,1	B+
Октябрь 2019	0,428	-17,8	B
Ноябрь 2019	0,329	-36,9	B+
Декабрь 2019	0,349	-33,0	B+
Январь 2020	0,286	-45,1	A
Февраль 2020	0,376	-27,8	B
Март 2020	0,389	-25,3	B
Апрель 2020	0,627	20,4	D

Период	Удельная характеристика тепловой энергии.	Класс энергосбережения	
Октябрь 2020	0,426	-18,3	В
Ноябрь 2020	0,337	-35,3	В+
Декабрь 2020	0,350	-32,8	В+
Январь 2021	0,368	-29,3	В
Февраль 2021	0,394	-24,4	В
Март 2021	0,394	-24,4	В
Апрель 2021	0,463	-11,1	С+

4.2 Построение BIM модели в программе Revit

Для дальнейшей работы необходимо спроектировать помещение и проанализировать фактические данные, полученные с датчиков с математической моделью помещения.^[12]

Используя программу Revit, был спроектирован в масштабе проект детского сада №283. Наглядная 3D модель представлена на рисунке 4.1.

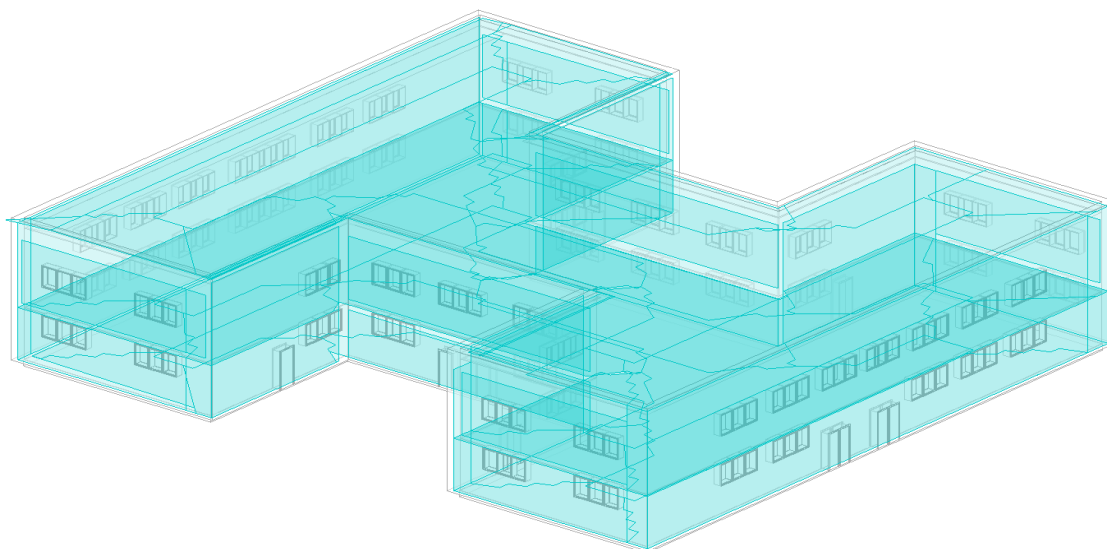


Рисунок 4.1 – 3D модель, построенная в программе Revit.

Программа использует в своей работе стандартные наборы строительных материалов, что позволяет с точностью выполнить проектирование таких строительных элементов, как: фундамент, полы,

фасад, стены, крышу и окна. Все параметры занесены автоматически, что позволяет легко производить теплотехнические параметры в объемных данных. Так построенная модель позволила найти потребление $Q_{исх.} = 578,619$ Гкал, $S_{здания} = 1445,5$ м².

Все расчеты производятся по средней температуре года в выбранном регионе и городе, поэтому достоверность полученных данных можно считать высокой, так отклонение от суммарных значений с датчиков равняется 18%. Ведь параметры снимаются по фактическим данным температуры.

4.2 Решения по увеличению энергоэффективности здания

Был рассмотрен вариант внедрения улучшений, а именно утепление фасада здания. В качестве утеплителей применяются 2 слоя, первый слой теплоизоляционные панели толщиной 50 мм, применяется не только, как теплоизоляционный материала, но и для более современного вида. Вторым слоем применяется минеральная вата. Срок службы материалов 25 лет. Схема представлена на рисунке 4.2.

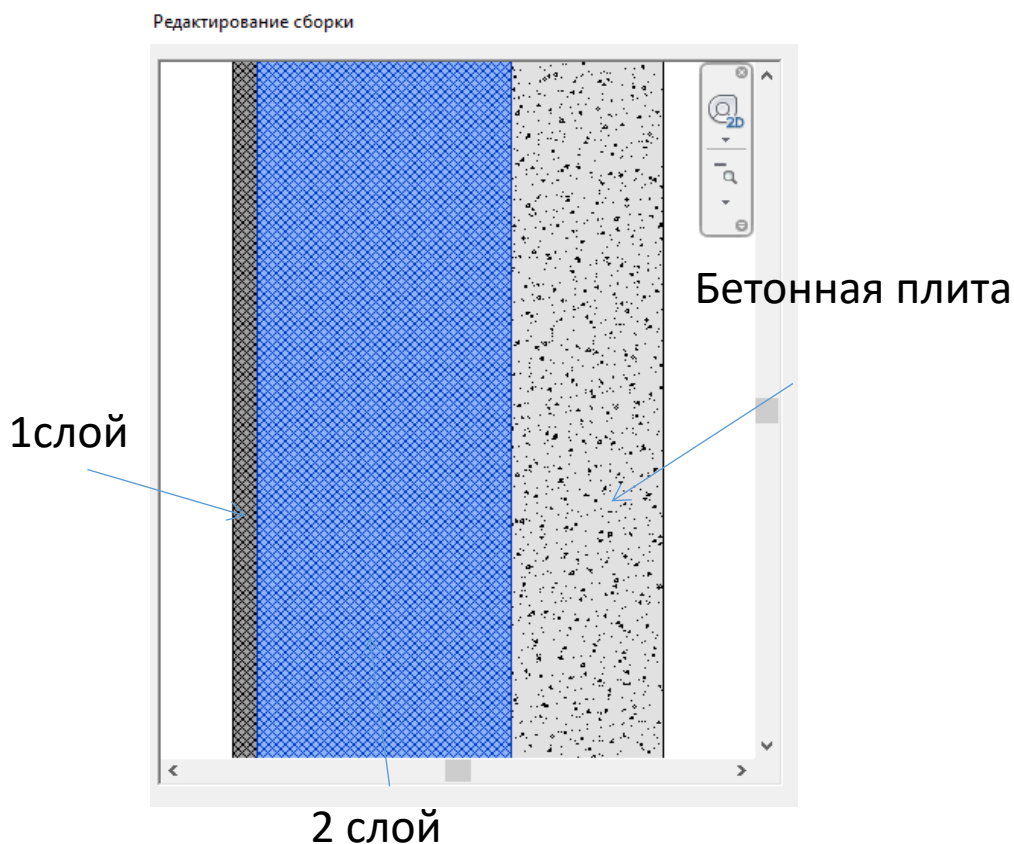


Рисунок 4.2 – Сборка из теплоизоляционных слоев фасада здания.

В ходе работы будет увеличиваться 2 слой изоляции, по итогам которых произведем анализ капитальных вложения от толщины и энергоэффективности помещения.

4.3 Расчетные данные, полученные при работе с программой Revit

Программа Revit позволяет построить и самостоятельно произвести расчет теплопотребления здания за год по расчётной температуре, заданной автоматически из существующих источников информации (баз данных) по Красноярскому краю. Произведенный расчет со стандартными параметрами показал, что значения имеют большую точность и разнотение между показаниями с датчиков и программными близки.

Отсюда произведём расчет и сведем полученные результаты в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Полученные данные из программы Revit.

№ п/п	Толщина 1 слоя, мм	Толщина 2 слоя, мм	Теплопотребление, Гкал	Объем помещения, м ³	Площадь фасада, м ²
1	50	0	562,119	7065,275	796,166
2	50	50	546,46	7137,55	796,166
3	50	100	544,46	7209,825	796,166
4	50	150	542,158	7282,1	796,166
5	50	200	539,468	7354,375	796,166
6	50	250	537,105	7426,65	796,166
7	50	300	535,152	7498,925	796,166
8	50	350	533,521	7571,2	796,166
9	50	400	530,618	7643,475	796,166
10	50	450	527,821	7715,75	796,166
11	50	500	525,917	7788,025	796,166

4.4 Экономический расчет всех вариантов

4.4.1 Определение затрат на реконструкцию

Затраты на монтаж панелей закладываются из сметной стоимости согласно ФЕР 15-01-090-01 и составляют, тыс. руб.:

$$\text{Имонт.} = \frac{\text{Сарм.} \cdot S_{\text{фас.}}}{100} = 400,54, \quad (4.1)$$

Где Сарм. – Стоимость арматуры, тыс. руб. ;

$S_{\text{фас.}}$ – площадь фасада, м^2 .

Для дальнейшего расчета примем данное значение за константу, так как не меняется площадь фасада, а материалы имеют незначительное изменение в цене.

Затраты на материалы 1 слоя, стоимость 1 м^2 принимается равной 850 рублей, согласно средней цене на теплоизоляционную панель толщиной 50 мм, тыс. руб.:

$$\text{Итепл. пан.} = \text{Спан.} * S_{\text{фас.}} = 653,79, \quad (4.2)$$

Где Спан. – Стоимость панели, тыс. руб. ;

$S_{\text{фас.}}$ – площадь фасада, м^2 .

Для дальнейшего расчета также примем данное значение за константу, так как не меняется площадь фасада.

Затраты на материалы 2 слоя сведем в таблицу 4.4, а также приведем капитальные вложения на устройство каждого варианта облицовки фасада. Затраты на 2 слой находятся по формуле, тыс. руб:

$$\text{Имин. в.} = \text{Смин. в.} * S_{\text{фас.}} * \text{смат}, \quad (4.3)$$

Где Смин. в. – Стоимость минеральной ваты, тыс. руб. ;

$S_{\text{фас.}}$ – площадь фасада, м^2 ;

смат. – толщина 2 слоя.

Таблица 4.4 - Капитальные вложения.

№ п/п	Толщина 1 слоя, мм	Толщина 2 слоя, мм	Затраты на 2 слой, тыс. руб	Капитальные вложения, тыс. руб
1	50	0	76,91	1054,32
2	50	50	153,83	1131,24
3	50	100	230,74	1208,16
4	50	150	307,66	1285,07
5	50	200	384,58	1361,99
6	50	250	461,49	1438,90
7	50	300	538,41	1515,82
8	50	350	615,33	1592,73
9	50	400	692,24	1669,65
10	50	450	769,16	1746,56
11	50	500	846,08	1823,48

4.4.2 Определение дисконтированного срока окупаемости

В ходе работы найдем объем экономии на потреблении теплоты, зная исходное расчетное потребление $Q_{исх.} = 578,619$ Гкал, найдем разницу и посчитаем количество сэкономленных средств в год. Величина тарифа за Гкал тепловой энергии принимается 1876,34 рубля, это соответствует официальной информации для потребителей на сайте СГК.

Сведем полученные результаты в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Экономия в год на теплопотреблении за счет увеличения термического сопротивления фасада.

№ п/п	Толщина 1 слоя, мм	Толщина 2 слоя, мм	Разница Q, Гкал	Экономия в год, руб.
1	50	0	16,5	30959,61
2	50	50	32,159	60341,21
3	50	100	34,159	64093,89
4	50	150	36,461	68413,23
5	50	200	39,151	73460,58
6	50	250	41,514	77894,37
7	50	300	43,467	81558,87
8	50	350	45,098	84619,18
9	50	400	48,001	90066,19
10	50	450	50,798	95314,31
11	50	500	52,702	98886,87

Найдем дисконтированный срок окупаемости, при ставке дисконтирования равной 6%, данная ставка принята низкой, так как реализация объекта маленькая по сроку строительства, на данный вид деятельности легко получить государственную помощь, что не требует получения кредитов по высоким ставкам.

Этот метод определяет время от вложения до возврата средств с учётом дисконтирования. Речь о таком моменте времени, когда чистая текущая стоимость становится неотрицательной и такой и остаётся дальше.

Формула для расчета дисконтированного срока окупаемости выглядит следующим образом:

$$DPP = \frac{CF}{(1+r)^{n-1}}, \quad (4.4)$$

Где CF - ожидаемые денежные поступления в конкретный период;

r – ставка дисконтирования;

n –год.

Срок окупаемости определяется, когда сумма дисконтированной прибыли станет больше чем капитальные вложения.

Расчет сведем в таблицу 4.6

Таблица 4.6 – Полученные данные из расчета дисконтированного срока окупаемости.

№ п/п	Толщина 1 слоя, мм	Толщина 2 слоя, мм	DPP, лет
1	50	0	50
2	50	50	24
3	50	100	14
4	50	150	15
5	50	200	15
6	50	250	16
7	50	300	16
8	50	350	17
9	50	400	17
10	50	450	18
11	50	500	18

Построим график для визуального представления полученных результатов.

На графике отразим зависимость стоимости от срока окупаемости, указав толщину второго слоя. Видно, что по графику присутствует значение минимума, после которого происходит рост срока окупаемости.

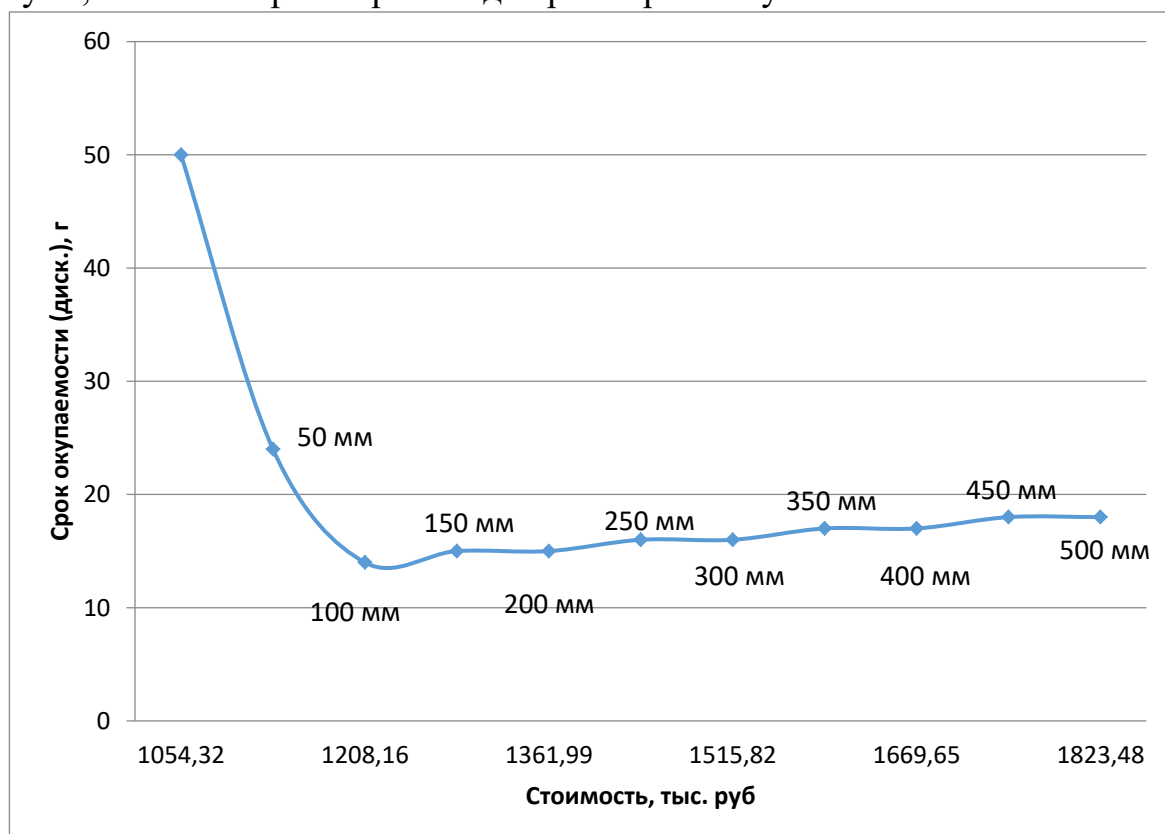


Рисунок 4.2 - Расчет дисконтированного срока окупаемости от толщины стенки.

Из таблицы 4.4 и рисунка 4.2 видно, что оптимальным по окупаемости будет вариант с 100 мм прослойкой из минеральной ваты, срок дисконтированный срок окупаемости составит 14 лет. При утолщении слоя, будут увеличиваться капитальные вложения, которые в разы больше, чем расчетная экономия на уменьшении потребления тепла зданием. Также видно, что использование одного только из теплоизоляционных панелей не окупается вовсе, что говорит о том, что данные работы нерентабельны и не имеют никакого физического и экономического обоснования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании были выполнены тщательный анализ существующего здания и разработано комплексное решение, направленное на повышение энергоэффективности данного объекта. В процессе исследования были определены и построены зависимости тепловых параметров от исходных данных с использованием соответствующих методов анализа.

В результате анализа здания были выявлены важные зависимости, такие как зависимость удельного расхода тепла от температуры воздуха и зависимость расхода теплоносителя в трубопроводах от температуры наружного воздуха. Эти зависимости представляют собой ключевые факторы, которые необходимо учесть при разработке решения по улучшению энергоэффективности здания.

Одним из ключевых аспектов нашего решения является использование доступных и негорючих материалов для улучшения теплоизоляции фасада здания. Мы провели исследования различных материалов, таких как утеплители на основе минеральных волокон, экологически чистые пенополистиролы и современные композитные панели. Комбинированный подход к выбору материалов и их правильное применение позволили нам достичь оптимального баланса между теплоизоляцией, прочностью и долговечностью конструкции фасада.

В ходе работы нами был предложен конкретный вариант улучшения теплоизоляции фасада здания, который включает использование доступных и негорючих материалов. Это решение основывается на проведенном анализе и учете предыдущих зависимостей, а также наших экспертных знаниях в области энергоэффективности зданий.

Для определения оптимальной толщины изоляции и оценки эффективности внедряемого варианта, был разработан и представлен график, который учитывает финансовые аспекты и окупаемость данного варианта.

Этот график позволяет нам определить оптимальное соотношение между толщиной изоляции и стоимостью, с учетом ожидаемых энергосберегающих выгод.

Таким образом, наше исследование привело к разработке конкретного решения по улучшению энергоэффективности здания на основе анализа тепловых параметров и предложения оптимальной толщины изоляции, что способствует более эффективному использованию энергоресурсов и снижению экологического воздействия.

Наше исследование также принимает во внимание экологические аспекты. Улучшение энергоэффективности здания приводит к снижению выбросов парниковых газов и негативного влияния на окружающую среду. Мы также рассмотрели возможность использования экологически чистых и возобновляемых источников энергии, чтобы сделать здание еще более энергоэффективным и устойчивым.

В целом, результаты нашего исследования показывают, что увеличение энергоэффективности здания через улучшение теплоизоляции и использование энергоэффективного оборудования может принести значительные преимущества, включая сокращение энергопотребления, снижение эксплуатационных расходов и смягчение негативного воздействия на окружающую среду. Рекомендации, представленные в данном исследовании, могут быть использованы при разработке практических мероприятий по повышению энергоэффективности зданий и строительных объектов.

После внедрения самого оптимального решения тепловые характеристики здания возрастают и класс энергоэффективности из В повысится до В+, что положительно влияет на энергосбережение помещения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пилипенко, Н. В. Тепловые потери и энергетическая эффективность зданий и сооружений / Н. В. Пилипенко; Учебное пособие – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 54 с.
2. Гашо, Е. Г. Анализ проблем и тенденций развития систем теплоснабжения крупных городов России / Е. Г. Гашо, В. С. Пузаков, С. В. Гужова // ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА, 2021 - № 3, с. 75–88.
3. Макаров, А. А. Основы современной энергетики. Современная теплоэнергетика. Ч. 1. Современная теплоэнергетика / А. Д. Трухний, А. А. Макаров, В. В. Клименко; Современная теплоэнергетика — 376 с.
4. Зубанов, А.А. Оценка эффективности и экономичности работы системы теплоснабжения в реальных условиях/А.А. Зубанов; Журнал «Новости теплоснабжения» №8 2018 г — 216 с.
5. Лысёв, В. И. Оценка энергетической эффективности отопления зданий / В. И. Лысёв, А. В. Цыганков, А. К. Рубцов, А. С. Шилин; Опубликовано в журнале СОК №12 | 2019 (стр. 86-89)
6. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 №261-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/
7. МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. ПРИКАЗ от 17 ноября 2017 года N 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений».
8. СП 50.13330.2012, ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ THERMAL (PERFORMANCE OF THE BUILDINGS). Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
9. ГОСТ 31427 — 2020 «ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ. Состав показателей энергетической эффективности»./ Москва – 2020г.

10. Схема теплоснабжения города Красноярска до 2033 года (актуализация на 2021 год). /Официальный сайт. – URL: <http://www.admkrsk.ru/citytoday/building/teplo/Pages/teplob.aspx>.
11. Дневник погоды Gismeteo /Официальный сайт. – URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/4674/>.
12. Построение генплана в Revit/Официальный сайт. – URL: <https://autocad-specialist.ru/uroki-revit/postroenie-genplana-v-revit.html>.
13. DPP: дисконтированный срок окупаемости и формула его расчета /Официальный сайт. – URL: www.gd.ru/articles/10305-dpp

Дата - Время	Температура, °С			Давление, МПа		Масса, т %М	Объем, м³			Тепловая энергия, ГКал			Время, ч Траб
	T1	T2	ΔT	P1	P2		V1	V2	ΔV	Q1	Q2	ΔQ	
27.10.2019	73.86	49.42	24.45	0.29	0.29	-1.81%	56.10	56.40	-0.30	-	-	1.29	25:00
28.10.2019	72.58	45.33	27.25	0.29	0.29	13.11%	39.80	34.10	5.70	-	-	1.27	24:00
29.10.2019	71.45	43.23	28.22	0.29	0.29	11.66%	37.20	32.40	4.80	-	-	1.19	24:00
30.10.2019	75.18	52.08	23.09	0.29	0.29	7.25%	67.80	62.10	5.70	-	-	1.76	24:00
31.10.2019	75.36	51.51	23.85	0.29	0.29	8.21%	61.80	56.00	5.80	-	-	1.68	24:00
01.11.2019	75.25	49.74	25.52	0.29	0.29	8.48%	49.40	44.60	4.80	-	-	1.42	24:00
02.11.2019	68.90	39.12	29.78	0.29	0.29	-3.27%	26.30	26.80	-0.50	-	-	0.74	24:00
03.11.2019	75.25	44.10	31.15	0.29	0.29	-2.69%	35.80	36.20	-0.40	-	-	1.05	24:00
04.11.2019	78.63	50.49	28.15	0.29	0.29	-2.08%	53.20	53.50	-0.30	-	-	1.41	24:00
05.11.2019	77.10	49.37	27.74	0.29	0.29	10.97%	54.50	47.80	6.70	-	-	1.74	24:00
06.11.2019	76.95	51.40	25.56	0.29	0.29	8.17%	61.40	55.60	5.80	-	-	1.76	24:00
07.11.2019	77.23	53.14	24.09	0.29	0.29	9.15%	63.80	57.20	6.60	-	-	1.78	24:00
08.11.2019	77.24	52.02	25.22	0.29	0.29	8.71%	57.20	51.50	5.70	-	-	1.64	24:00
09.11.2019	74.21	40.07	34.14	0.29	0.29	-2.83%	25.90	26.20	-0.30	-	-	0.84	24:00
10.11.2019	86.69	48.45	38.24	0.29	0.29	-3.48%	35.60	36.10	-0.50	-	-	1.26	24:00
11.11.2019	92.58	62.55	30.03	0.29	0.29	6.35%	84.00	77.20	6.80	-	-	2.74	24:00
12.11.2019	93.15	60.16	32.98	0.29	0.29	7.39%	66.90	60.70	6.20	-	-	2.40	24:00
13.11.2019	85.61	54.99	30.62	0.29	0.29	10.33%	62.90	55.40	7.50	-	-	2.19	24:00
14.11.2019	93.33	59.25	34.08	0.29	0.29	8.08%	65.00	58.50	6.50	-	-	2.42	24:00
15.11.2019	97.50	67.78	29.72	0.29	0.29	3.75%	96.30	90.90	5.40	-	-	2.98	24:00
16.11.2019	103.08	66.08	37.00	0.29	0.29	-2.30%	73.80	73.70	0.10	-	-	2.51	24:00
17.11.2019	89.30	56.39	32.90	0.29	0.29	-2.59%	61.50	61.90	-0.40	-	-	1.87	24:00
18.11.2019	84.58	55.70	28.89	0.29	0.29	8.77%	69.00	61.90	7.10	-	-	2.24	24:00
19.11.2019	87.46	57.66	29.80	0.29	0.29	7.40%	68.60	62.40	6.20	-	-	2.25	24:00
20.11.2019	93.17	61.33	31.85	0.29	0.29	7.36%	71.90	65.30	6.60	-	-	2.50	24:00
21.11.2019	104.98	71.73	33.24	0.29	0.29	3.45%	92.50	87.30	5.20	-	-	3.15	24:00
22.11.2019	104.50	63.44	41.05	0.29	0.29	7.11%	57.30	51.80	5.50	-	-	2.49	24:00
23.11.2019	97.01	55.47	41.54	0.29	0.29	-3.18%	44.40	44.70	-0.30	-	-	1.70	24:00
24.11.2019	88.88	48.53	40.35	0.29	0.29	-2.80%	38.20	38.40	-0.20	-	-	1.44	24:00
25.11.2019	98.00	57.65	40.35	0.29	0.29	10.55%	54.00	47.10	6.90	-	-	2.39	24:00
26.11.2019	103.70	64.31	39.40	0.29	0.29	7.99%	66.60	59.70	6.90	-	-	2.82	24:00
27.11.2019	98.05	63.00	35.05	0.29	0.29	6.88%	70.40	64.10	6.30	-	-	2.65	24:00
28.11.2019	94.43	60.45	33.98	0.29	0.29	7.62%	66.90	60.50	6.40	-	-	2.47	24:00
29.11.2019	92.58	57.62	34.96	0.29	0.29	7.58%	57.70	52.20	5.50	-	-	2.18	24:00
30.11.2019	87.50	55.25	32.25	0.29	0.29	-3.01%	60.40	61.10	-0.70	-	-	1.79	24:00
01.12.2019	85.61	54.62	30.99	0.29	0.29	-2.59%	61.30	61.80	-0.50	-	-	1.76	24:00
02.12.2019	84.48	52.60	31.88	0.29	0.29	10.79%	54.80	48.00	6.80	-	-	1.98	24:00
03.12.2019	86.05	56.85	29.19	0.29	0.29	7.98%	70.10	63.40	6.70	-	-	2.27	24:00
04.12.2019	68.61	51.29	17.32	0.29	0.29	-3.91%	72.70	74.90	-2.20	-	-	1.08	24:00
05.12.2019	84.92	57.99	26.93	0.29	0.29	6.94%	79.70	73.00	6.70	-	-	2.37	24:00
06.12.2019	81.69	58.03	23.66	0.29	0.29	5.23%	87.30	81.60	5.70	-	-	2.25	24:00
07.12.2019	78.96	58.00	20.96	0.29	0.29	-1.50%	97.80	98.10	-0.30	-	-	1.92	24:00
08.12.2019	79.38	59.04	20.34	0.29	0.29	-1.75%	102.50	103.10	-0.60	-	-	1.93	24:00
09.12.2019	80.13	55.64	24.49	0.29	0.29	6.71%	71.20	65.50	5.70	-	-	1.94	24:00
10.12.2019	80.97	50.20	30.77	0.29	0.29	12.78%	49.10	42.10	7.00	-	-	1.75	24:00
11.12.2019	76.59	49.12	27.47	0.29	0.29	11.19%	53.60	46.90	6.70	-	-	1.70	24:00
12.12.2019	77.67	49.71	27.96	0.29	0.29	12.55%	54.80	47.20	7.60	-	-	1.80	24:00
13.12.2019	79.05	49.09	29.95	0.29	0.29	12.08%	49.60	42.90	6.70	-	-	1.71	24:00
14.12.2019	80.82	47.96	32.86	0.29	0.29	-3.17%	42.20	42.80	-0.60	-	-	1.29	24:00
15.12.2019	91.17	49.28	41.88	0.29	0.29	-3.20%	36.60	36.90	-0.30	-	-	1.43	24:00
16.12.2019	95.54	58.70	36.84	0.29	0.29	10.45%	60.10	52.60	7.50	-	-	2.47	24:00
17.12.2019	89.21	58.87	30.34	0.29	0.29	8.77%	71.90	64.40	7.50	-	-	2.45	24:00
18.12.2019	87.57	59.53	28.04	0.29	0.29	9.18%	77.50	69.20	8.30	-	-	2.49	24:00
19.12.2019	83.77	58.85	24.92	0.29	0.29	7.73%	83.70	76.10	7.60	-	-	2.37	24:00
20.12.2019	86.56	59.42	27.14	0.29	0.29	7.22%	78.00	71.20	6.80	-	-	2.36	24:00
21.12.2019	87.92	59.56	28.35	0.29	0.29	-1.70%	76.20	76.20	0.00	-	-	2.02	24:00
22.12.2019	98.09	63.94	34.15	0.29	0.29	-1.91%	74.00	73.80	0.20	-	-	2.35	24:00
23.12.2019	92.28	60.97	31.30	0.29	0.29	8.86%	72.50	64.80	7.70	-	-	2.55	24:00
24.12.2019	92.96	60.86	32.10	0.29	0.29	9.07%	68.10	60.70	7.40	-	-	2.45	24:00
25.12.2019	89.56	54.40	35.16	0.29	0.29	9.56%	52.50	46.50	6.00	-	-	2.03	24:00
26.12.2019	107.61	61.63	45.98	0.29	0.29	10.32%	50.70	44.10	6.60	-	-	2.52	24:00
27.12.2019	119.39	74.56	44.83	0.29	0.29	5.49%	74.90	68.50	6.40	-	-	3.46	24:00
28.12.2019	117.51	70.90	46.61	0.29	0.29	-2.26%	66.50	65.80	0.70	-	-	2.85	24:00
29.12.2019	112.71	69.66	43.05	0.29	0.29	-2.28%	70.70	70.20	0.50	-	-	2.80	24:00
30.12.2019	106.60	63.26	43.34	0.29	0.29	5.92%	55.80	51.00	4.80	-	-	2.50	24:00
31.12.2019	89.60	52.53	37.07	0.29	0.29	2.06%	47.90	45.90	2.00	-	-	1.76	24:00
01.01.2020	83.50	53.11	30.39	0.29	0.29	-2.38%	59.30	59.70	-0.40	-	-	1.68	24:00
02.01.2020	77.77	53.60	24.17	0.29	0.29	-1.86%	74.80	75.20	-0.40	-	-	1.69	24:00
03.01.2020	79.61	51.74	27.87	0.29	0.29	-2.54%	58.50	59.10	-0.60	-	-	1.51	24:00
04.01.2020	77.79	47.70	30.09	0.29	0.29	-2.66%	46.20	46.70	-0.50	-	-	1.30	24:00
05.01.2020	79.41	47.36	32.06	0.29	0.29	-3.05%	43.80	44.40	-0.60	-	-	1.31	24:00
06.01.2020	79.35	51.64	27.71	0.29	0.29	-2.35%	59.70	60.20	-0.50	-	-	1.54	24:00
07.01.2020	86.35	50.20	36.15	0.29	0.29	-3.40%	42.80	43.40	-0.60	-	-	1.43	24:00

Дата - Время	Температура, °С			Давление, МПа		Масса, т	Объем, м³			Тепловая энергия, ГКал			Время, ч
	T1	T2	ΔT	P1	P2	%M	V1	V2	ΔV	Q1	Q2	ΔQ	Траб
08.01.2020	87.44	50.31	37.13	0.29	0.29	-2.78%	43.40	43.70	-0.30	-	-	1.50	24:00
09.01.2020	90.81	58.39	32.42	0.29	0.29	6.31%	67.60	62.10	5.50	-	-	2.34	24:00
10.01.2020	102.4 2	65.37	37.04	0.29	0.29	6.63%	73.10	66.60	6.50	-	-	2.88	24:00
11.01.2020	106.9 2	71.39	35.52	0.29	0.29	-2.53%	87.50	87.60	-0.10	-	-	2.83	24:00
12.01.2020	105.9 6	68.98	36.98	0.29	0.29	-2.61%	77.20	77.30	-0.10	-	-	2.60	24:00
13.01.2020	95.35	63.61	31.75	0.29	0.29	6.52%	76.30	69.90	6.40	-	-	2.62	24:00
14.01.2020	88.24	58.70	29.54	0.29	0.29	5.89%	70.20	64.90	5.30	-	-	2.23	24:00
15.01.2020	86.08	59.32	26.76	0.29	0.29	7.80%	79.90	72.50	7.40	-	-	2.41	24:00
16.01.2020	82.42	59.12	23.30	0.29	0.29	5.75%	89.60	83.30	6.30	-	-	2.31	24:00
17.01.2020	84.01	59.10	24.91	0.29	0.29	5.78%	81.00	75.20	5.80	-	-	2.21	24:00
18.01.2020	87.76	60.54	27.22	0.29	0.29	-2.64%	78.60	79.40	-0.80	-	-	1.95	24:00
19.01.2020	98.76	63.14	35.62	0.29	0.29	-3.02%	64.40	64.90	-0.50	-	-	2.09	24:00
20.01.2020	99.17	65.14	34.03	0.29	0.29	7.46%	72.70	65.80	6.90	-	-	2.70	24:00
21.01.2020	104.6 0	67.12	37.49	0.29	0.29	7.44%	68.80	62.10	6.70	-	-	2.78	24:00
22.01.2020	107.6 6	64.82	42.84	0.29	0.29	8.90%	55.70	49.30	6.40	-	-	2.57	24:00
23.01.2020	96.30	56.03	40.27	0.29	0.29	13.11%	43.30	36.70	6.60	-	-	1.96	24:00
24.01.2020	79.27	48.95	30.32	0.29	0.29	9.99%	48.80	43.20	5.60	-	-	1.66	24:00
25.01.2020	77.57	51.35	26.22	0.29	0.29	-2.72%	60.30	61.10	-0.80	-	-	1.46	24:00
26.01.2020	82.22	60.43	21.79	0.29	0.29	-1.98%	96.80	97.50	-0.70	-	-	1.94	24:00
27.01.2020	88.65	65.22	23.43	0.29	0.29	4.02%	105.30	99.60	5.70	-	-	2.64	24:00
28.01.2020	87.18	65.45	21.72	0.29	0.29	3.71%	111.90	106.30	5.60	-	-	2.60	24:00
29.01.2020	85.61	66.88	18.73	0.29	0.29	2.33%	133.00	128.40	4.60	-	-	2.61	24:00
30.01.2020	104.7 9	71.27	33.52	0.29	0.29	4.04%	86.90	81.50	5.40	-	-	3.02	24:00
31.01.2020	110.7 2	71.49	39.24	0.29	0.29	3.94%	71.80	67.10	4.70	-	-	2.87	24:00
01.02.2020	106.5 2	71.69	34.83	0.29	0.29	-3.19%	82.90	83.60	-0.70	-	-	2.59	24:00
02.02.2020	104.9 7	69.06	35.91	0.29	0.29	-3.30%	76.10	76.80	-0.70	-	-	2.45	24:00
03.02.2020	106.8 1	68.54	38.28	0.29	0.29	5.79%	69.40	63.70	5.70	-	-	2.79	24:00
04.02.2020	94.99	59.67	35.32	0.29	0.29	8.63%	57.40	51.30	6.10	-	-	2.22	24:00
05.02.2020	79.26	55.65	23.62	0.29	0.29	6.30%	78.20	72.30	5.90	-	-	2.05	24:00
06.02.2020	84.54	56.72	27.81	0.29	0.29	6.49%	68.70	63.20	5.50	-	-	2.08	24:00
07.02.2020	79.18	53.95	25.23	0.29	0.29	6.27%	67.20	62.10	5.10	-	-	1.86	24:00
08.02.2020	77.09	52.60	24.49	0.29	0.29	-2.66%	66.60	67.50	-0.90	-	-	1.50	24:00
09.02.2020	76.05	48.69	27.36	0.29	0.29	-2.06%	49.00	49.30	-0.30	-	-	1.26	24:00
10.02.2020	80.57	52.11	28.45	0.29	0.29	8.08%	56.60	51.20	5.40	-	-	1.78	24:00
11.02.2020	92.34	53.24	39.10	0.29	0.29	12.03%	44.80	38.50	6.30	-	-	1.95	24:00
12.02.2020	90.31	52.74	37.57	0.29	0.29	11.21%	47.10	40.90	6.20	-	-	1.96	24:00
13.02.2020	89.28	58.95	30.33	0.29	0.29	6.61%	68.60	62.90	5.70	-	-	2.26	24:00
14.02.2020	87.67	63.42	24.25	0.29	0.29	2.61%	98.60	94.60	4.00	-	-	2.46	24:00
15.02.2020	88.88	59.72	29.16	0.29	0.29	-2.83%	72.40	73.20	-0.80	-	-	1.93	24:00
16.02.2020	88.34	59.65	28.70	0.29	0.29	-2.52%	73.30	73.90	-0.60	-	-	1.93	24:00
17.02.2020	87.57	59.54	28.03	0.29	0.29	5.30%	75.50	70.30	5.20	-	-	2.27	24:00
18.02.2020	84.92	59.69	25.23	0.29	0.29	3.97%	83.30	78.80	4.50	-	-	2.22	24:00
19.02.2020	82.36	59.16	23.20	0.29	0.29	3.89%	86.70	82.20	4.50	-	-	2.14	24:00
20.02.2020	78.98	59.29	19.68	0.29	0.29	3.61%	102.00	97.20	4.80	-	-	2.15	24:00
21.02.2020	77.38	57.66	19.72	0.29	0.29	2.28%	95.10	91.90	3.20	-	-	1.94	24:00
22.02.2020	77.54	56.71	20.83	0.29	0.29	-2.77%	85.30	86.70	-1.40	-	-	1.61	24:00
23.02.2020	79.09	55.26	23.83	0.29	0.29	-3.08%	72.60	73.90	-1.30	-	-	1.57	24:00
24.02.2020	84.39	54.47	29.92	0.29	0.29	-3.25%	56.70	57.60	-0.90	-	-	1.55	24:00
25.02.2020	86.55	54.64	31.91	0.29	0.29	8.77%	54.50	48.80	5.70	-	-	1.92	24:00
26.02.2020	88.06	54.79	33.27	0.29	0.29	9.05%	52.70	47.00	5.70	-	-	1.93	24:00
27.02.2020	86.74	55.32	31.43	0.29	0.29	8.90%	57.70	51.60	6.10	-	-	2.01	24:00
28.02.2020	79.00	54.56	24.44	0.29	0.29	6.12%	70.20	65.00	5.20	-	-	1.88	24:00
29.02.2020	77.57	54.91	22.66	0.29	0.29	-2.55%	75.90	76.90	-1.00	-	-	1.58	24:00
01.03.2020	81.61	55.29	26.32	0.29	0.29	-2.40%	65.30	65.90	-0.60	-	-	1.59	24:00
02.03.2020	83.18	54.65	28.54	0.29	0.29	9.73%	60.70	53.90	6.80	-	-	1.97	24:00
03.03.2020	78.40	54.92	23.48	0.29	0.29	7.72%	73.90	67.30	6.60	-	-	1.97	24:00
04.03.2020	78.44	55.45	23.00	0.29	0.29	6.35%	75.40	69.70	5.70	-	-	1.93	24:00
05.03.2020	77.70	55.52	22.19	0.29	0.29	7.64%	77.40	70.60	6.80	-	-	1.97	24:00
06.03.2020	83.39	55.02	28.38	0.29	0.29	6.58%	60.50	55.60	4.90	-	-	1.86	24:00
07.03.2020	93.62	60.27	33.35	0.29	0.29	-2.82%	63.80	64.30	-0.50	-	-	1.95	24:00
08.03.2020	90.21	56.69	33.53	0.29	0.29	-1.83%	56.00	55.90	0.10	-	-	1.76	24:00
09.03.2020	80.40	54.58	25.82	0.29	0.29	-2.60%	68.30	69.10	-0.80	-	-	1.62	24:00
10.03.2020	78.24	54.89	23.35	0.29	0.29	7.72%	76.20	69.40	6.80	-	-	2.03	24:00
11.03.2020	78.52	55.04	23.48	0.29	0.29	7.51%	75.60	69.00	6.60	-	-	2.01	24:00
12.03.2020	77.99	54.68	23.31	0.29	0.29	5.86%	74.80	69.50	5.30	-	-	1.92	24:00
13.03.2020	76.85	53.17	23.68	0.29	0.29	6.32%	65.00	60.10	4.90	-	-	1.70	24:00
14.03.2020	76.59	52.24	24.35	0.29	0.29	-2.68%	57.70	58.50	-0.80	-	-	1.29	24:00
15.03.2020	73.49	51.77	21.72	0.29	0.29	-2.21%	65.50	66.20	-0.70	-	-	1.32	24:00
16.03.2020	73.04	50.19	22.85	0.29	0.29	10.04%	57.50	51.10	6.40	-	-	1.55	24:00
17.03.2020	76.81	51.60	25.21	0.29	0.29	9.12%	53.10	47.60	5.50	-	-	1.53	24:00
18.03.2020	75.17	46.09	29.09	0.29	0.29	12.85%	38.80	33.30	5.50	-	-	1.31	24:00
19.03.2020	74.66	45.62	29.05	0.29	0.29	12.94%	40.00	34.30	5.70	-	-	1.35	24:00

Дата - Время	Температура, °С			Давление, МПа		Масса, т	Объем, м³			Тепловая энергия, ГКал			Время, ч
	T1	T2	ΔT	P1	P2	%M	V1	V2	ΔV	Q1	Q2	ΔQ	Траб
18.11.2020	87.52	58.68	28.84	0.29	0.29	8.48%	73.60	66.20	7.40	-	-	2.39	24:00
19.11.2020	88.20	56.38	31.83	0.29	0.29	9.34%	61.60	54.80	6.80	-	-	2.19	24:00
20.11.2020	82.83	53.08	29.74	0.29	0.29	9.06%	59.50	53.20	6.30	-	-	1.98	24:00
21.11.2020	77.13	51.04	26.09	0.29	0.29	0.37%	61.60	60.50	1.10	-	-	1.58	24:00
22.11.2020	77.94	49.46	28.47	0.29	0.29	2.37%	51.60	49.60	2.00	-	-	1.49	24:00
23.11.2020	81.31	49.24	32.07	0.29	0.29	13.69%	48.00	40.70	7.30	-	-	1.79	24:00
24.11.2020	85.48	49.12	36.37	0.29	0.29	14.49%	41.90	35.10	6.80	-	-	1.75	24:00
25.11.2020	85.33	49.35	35.98	0.29	0.29	13.16%	43.60	37.10	6.50	-	-	1.78	24:00
26.11.2020	89.14	52.39	36.75	0.29	0.29	13.08%	48.20	41.00	7.20	-	-	2.01	24:00
27.11.2020	97.48	56.27	41.22	0.29	0.29	13.14%	48.90	41.40	7.50	-	-	2.26	24:00
28.11.2020	97.37	57.22	40.15	0.29	0.29	0.40%	52.30	50.80	1.50	-	-	2.03	24:00
29.11.2020	97.58	57.44	40.14	0.29	0.29	0.71%	53.70	52.00	1.70	-	-	2.09	24:00
30.11.2020	96.14	57.17	38.96	0.29	0.29	12.90%	53.40	45.40	8.00	-	-	2.36	24:00
01.12.2020	86.52	54.14	32.38	0.29	0.29	10.87%	59.00	51.60	7.40	-	-	2.16	24:00
02.12.2020	90.85	55.56	35.29	0.29	0.29	12.06%	56.10	48.30	7.80	-	-	2.25	24:00
03.12.2020	93.08	56.38	36.70	0.29	0.29	12.62%	54.30	46.40	7.90	-	-	2.27	24:00
04.12.2020	93.02	56.75	36.27	0.29	0.29	11.60%	55.40	47.90	7.50	-	-	2.27	24:00
05.12.2020	95.86	55.40	40.46	0.29	0.29	0.42%	48.90	47.50	1.40	-	-	1.92	24:00
06.12.2020	90.99	53.41	37.58	0.29	0.29	0.87%	48.90	47.40	1.50	-	-	1.79	24:00
07.12.2020	85.66	54.26	31.40	0.29	0.29	10.84%	61.00	53.40	7.60	-	-	2.18	24:00
08.12.2020	88.91	56.54	32.37	0.29	0.29	11.68%	62.80	54.40	8.40	-	-	2.34	24:00
09.12.2020	96.95	61.97	34.98	0.29	0.29	9.21%	68.70	61.00	7.70	-	-	2.67	24:00
10.12.2020	102.39	61.82	40.57	0.29	0.29	10.79%	58.70	51.00	7.70	-	-	2.64	24:00
11.12.2020	96.40	59.13	37.27	0.29	0.29	11.19%	58.90	51.10	7.80	-	-	2.47	24:00
12.12.2020	99.85	58.03	41.82	0.29	0.29	0.41%	49.90	48.40	1.50	-	-	2.02	24:00
13.12.2020	91.86	52.60	39.26	0.29	0.29	0.33%	45.70	44.50	1.20	-	-	1.74	24:00
14.12.2020	86.32	54.08	32.24	0.29	0.29	9.69%	58.90	52.20	6.70	-	-	2.12	24:00
15.12.2020	86.13	53.38	32.75	0.29	0.29	12.67%	55.90	47.90	8.00	-	-	2.12	24:00
16.12.2020	96.60	58.82	37.78	0.29	0.29	11.26%	58.50	50.70	7.80	-	-	2.48	24:00
17.12.2020	96.57	58.66	37.92	0.29	0.29	10.59%	56.70	49.50	7.20	-	-	2.39	24:00
18.12.2020	80.91	51.69	29.22	0.29	0.29	11.62%	58.20	50.60	7.60	-	-	1.97	24:00
19.12.2020	78.70	50.37	28.33	0.29	0.29	-0.12%	55.90	55.10	0.80	-	-	1.54	24:00
20.12.2020	81.16	51.08	30.08	0.29	0.29	-0.21%	54.70	53.90	0.80	-	-	1.59	24:00
21.12.2020	88.09	57.55	30.54	0.29	0.29	10.09%	67.40	59.50	7.90	-	-	2.35	24:00
22.12.2020	96.13	64.42	31.71	0.29	0.29	8.10%	80.40	72.40	8.00	-	-	2.84	24:00
23.12.2020	104.05	66.78	37.26	0.29	0.29	7.75%	72.80	65.50	7.30	-	-	2.94	24:00
24.12.2020	99.79	63.08	36.71	0.29	0.29	8.37%	64.60	57.80	6.80	-	-	2.59	24:00
25.12.2020	102.21	65.99	36.22	0.29	0.29	9.01%	69.80	62.00	7.80	-	-	2.80	24:00
26.12.2020	121.28	76.30	44.98	0.29	0.29	0.95%	78.50	75.20	3.30	-	-	3.40	24:00
27.12.2020	121.63	79.39	42.24	0.29	0.29	0.86%	90.90	87.30	3.60	-	-	3.69	24:00
28.12.2020	121.37	76.17	45.20	0.29	0.29	6.85%	78.60	70.80	7.80	-	-	3.73	24:00
29.12.2020	119.81	74.06	45.75	0.29	0.29	7.09%	74.90	67.30	7.60	-	-	3.60	24:00
30.12.2020	118.91	73.10	45.80	0.29	0.29	5.97%	71.80	65.30	6.50	-	-	3.40	24:00
31.12.2020	112.40	68.00	44.40	0.29	0.29	2.77%	64.60	60.90	3.70	-	-	2.84	24:00
01.01.2021	115.12	69.13	45.99	0.29	0.29	0.65%	65.40	62.90	2.50	-	-	2.89	24:00
02.01.2021	118.88	72.93	45.95	0.29	0.29	1.32%	72.30	69.00	3.30	-	-	3.21	24:00
03.01.2021	116.04	71.25	44.80	0.29	0.29	1.03%	70.00	67.10	2.90	-	-	3.03	24:00
04.01.2021	114.08	64.31	49.77	0.29	0.29	0.89%	54.30	52.00	2.30	-	-	2.60	24:00
05.01.2021	114.50	65.10	49.40	0.29	0.29	1.64%	56.60	53.80	2.80	-	-	2.71	24:00
06.01.2021	113.20	62.48	50.72	0.29	0.29	1.48%	51.70	49.20	2.50	-	-	2.54	24:00
07.01.2021	114.66	63.04	51.61	0.29	0.29	1.17%	52.00	49.60	2.40	-	-	2.59	24:00
08.01.2021	116.87	67.76	49.11	0.29	0.29	2.38%	61.30	57.80	3.50	-	-	2.95	24:00
09.01.2021	112.66	69.02	43.64	0.29	0.29	1.92%	69.80	66.40	3.40	-	-	2.98	24:00
10.01.2021	97.39	64.84	32.56	0.29	0.29	1.53%	81.00	78.10	2.90	-	-	2.61	24:00
11.01.2021	103.00	71.38	31.62	0.29	0.29	7.91%	98.20	88.50	9.70	-	-	3.48	24:00
12.01.2021	118.85	74.46	44.39	0.29	0.29	8.80%	74.30	65.60	8.70	-	-	3.57	24:00
13.01.2021	117.66	73.85	43.81	0.29	0.29	8.94%	73.80	65.10	8.70	-	-	3.51	24:00
14.01.2021	103.19	72.86	30.34	0.29	0.29	7.01%	103.10	93.90	9.20	-	-	3.48	24:00
15.01.2021	101.17	73.54	27.63	0.29	0.29	6.47%	113.30	104.00	9.30	-	-	3.50	24:00
16.01.2021	98.92	71.70	27.21	0.29	0.29	1.44%	108.60	105.10	3.50	-	-	2.95	24:00

Дата - Время	Температура, °С			Давление, МПа		Масса, т	Объем, м³			Тепловая энергия, ГКал			Время, ч
	T1	T2	ΔT	P1	P2	%M	V1	V2	ΔV	Q1	Q2	ΔQ	Траб
17.01.2021	91.09	64.67	26.42	0.29	0.29	1.67%	88.10	85.20	2.90	-	-	2.34	24:00
18.01.2021	85.20	60.51	24.68	0.29	0.29	9.51%	80.30	71.60	8.70	-	-	2.34	24:00
19.01.2021	91.72	61.85	29.87	0.29	0.29	9.91%	75.20	66.50	8.70	-	-	2.59	24:00
20.01.2021	104.68	67.35	37.33	0.29	0.29	10.82%	72.10	62.70	9.40	-	-	3.05	24:00
21.01.2021	106.10	63.40	42.70	0.29	0.29	11.98%	58.80	50.30	8.50	-	-	2.80	24:00
22.01.2021	94.61	58.43	36.18	0.29	0.29	12.17%	58.80	50.50	8.30	-	-	2.43	24:00
23.01.2021	94.99	56.09	38.90	0.29	0.29	0.78%	51.20	49.60	1.60	-	-	1.94	24:00
24.01.2021	98.20	56.46	41.74	0.29	0.29	0.47%	49.60	48.10	1.50	-	-	2.00	24:00
25.01.2021	111.14	70.24	40.90	0.29	0.29	9.58%	77.50	68.10	9.40	-	-	3.49	24:00
26.01.2021	117.97	73.61	44.36	0.29	0.29	7.53%	76.50	68.50	8.00	-	-	3.60	24:00
27.01.2021	115.02	71.39	43.64	0.29	0.29	7.63%	72.70	65.10	7.60	-	-	3.37	24:00
28.01.2021	105.10	67.47	37.63	0.29	0.29	9.46%	75.90	67.00	8.90	-	-	3.17	24:00
29.01.2021	100.81	66.27	34.55	0.29	0.29	8.67%	76.40	68.20	8.20	-	-	2.93	24:00
30.01.2021	103.52	69.20	34.32	0.29	0.29	1.26%	85.30	82.30	3.00	-	-	2.87	24:00
31.01.2021	115.93	73.91	42.01	0.29	0.29	1.12%	81.00	77.70	3.30	-	-	3.30	24:00
01.02.2021	118.27	73.36	44.91	0.29	0.29	7.93%	73.50	65.50	8.00	-	-	3.52	24:00
02.02.2021	110.33	70.14	40.19	0.29	0.29	8.65%	75.20	66.80	8.40	-	-	3.30	24:00
03.02.2021	93.84	61.08	32.76	0.29	0.29	9.93%	68.80	60.70	8.10	-	-	2.55	24:00
04.02.2021	86.35	58.64	27.71	0.29	0.29	9.93%	74.50	66.00	8.50	-	-	2.40	24:00
05.02.2021	92.80	60.55	32.25	0.29	0.29	9.56%	67.80	60.10	7.70	-	-	2.47	24:00
06.02.2021	91.37	59.70	31.67	0.29	0.29	0.62%	67.00	65.30	1.70	-	-	2.07	24:00
07.02.2021	80.93	52.97	27.96	0.29	0.29	1.81%	56.80	54.90	1.90	-	-	1.59	24:00
08.02.2021	77.81	51.41	26.40	0.29	0.29	12.63%	57.60	49.60	8.00	-	-	1.82	24:00
09.02.2021	80.88	54.79	26.09	0.29	0.29	12.06%	65.90	57.10	8.80	-	-	2.07	24:00
10.02.2021	92.86	62.06	30.80	0.29	0.29	9.97%	73.60	65.00	8.60	-	-	2.60	24:00
11.02.2021	106.40	68.35	38.06	0.29	0.29	9.44%	74.00	65.30	8.70	-	-	3.13	24:00
12.02.2021	113.40	69.69	43.71	0.29	0.29	10.34%	65.90	57.30	8.60	-	-	3.17	24:00
13.02.2021	113.77	69.78	43.99	0.29	0.29	1.77%	65.10	62.00	3.10	-	-	2.80	24:00
14.02.2021	105.84	65.22	40.63	0.29	0.29	1.62%	63.30	60.60	2.70	-	-	2.52	24:00
15.02.2021	99.01	63.92	35.08	0.29	0.29	8.92%	70.20	62.50	7.70	-	-	2.73	24:00
16.02.2021	81.22	55.66	25.56	0.29	0.29	11.80%	71.10	61.80	9.30	-	-	2.19	24:00
17.02.2021	78.54	53.97	24.57	0.29	0.29	10.96%	69.80	61.30	8.50	-	-	2.05	24:00
18.02.2021	94.92	61.93	32.99	0.29	0.29	10.55%	68.60	60.10	8.50	-	-	2.59	24:00
19.02.2021	98.43	63.50	34.93	0.29	0.29	8.95%	66.50	59.20	7.30	-	-	2.58	24:00
20.02.2021	101.98	65.98	36.00	0.29	0.29	7.86%	71.80	64.60	7.20	-	-	2.82	24:00
21.02.2021	107.99	66.18	41.81	0.29	0.29	1.44%	61.90	59.30	2.60	-	-	2.53	24:00
22.02.2021	103.31	62.70	40.61	0.29	0.29	2.02%	56.50	53.90	2.60	-	-	2.26	24:00
23.02.2021	105.85	64.51	41.34	0.29	0.29	1.47%	60.20	57.70	2.50	-	-	2.43	24:00
24.02.2021	102.03	68.60	33.44	0.29	0.29	7.28%	83.60	75.80	7.80	-	-	3.06	24:00
25.02.2021	96.08	63.90	32.18	0.29	0.29	7.92%	73.50	66.30	7.20	-	-	2.62	24:00
26.02.2021	98.85	66.30	32.55	0.29	0.29	6.88%	80.30	73.20	7.10	-	-	2.85	24:00
27.02.2021	106.18	68.22	37.96	0.29	0.29	1.44%	73.40	70.50	2.90	-	-	2.73	24:00
28.02.2021	108.81	67.07	41.74	0.29	0.29	1.62%	63.90	61.10	2.80	-	-	2.61	24:00
01.03.2021	107.54	68.12	39.42	0.29	0.29	9.14%	70.10	62.00	8.10	-	-	3.04	24:00
02.03.2021	101.96	63.86	38.09	0.29	0.29	11.47%	63.00	54.40	8.60	-	-	2.72	24:00
03.03.2021	104.51	65.32	39.19	0.29	0.29	10.00%	64.10	56.20	7.90	-	-	2.79	24:00
04.03.2021	91.91	60.06	31.85	0.29	0.29	10.05%	65.20	57.50	7.70	-	-	2.36	24:00
05.03.2021	79.77	54.15	25.62	0.29	0.29	11.36%	64.90	56.70	8.20	-	-	1.98	24:00
06.03.2021	78.04	53.29	24.74	0.29	0.29	1.81%	63.40	61.40	2.00	-	-	1.58	24:00
07.03.2021	78.43	53.48	24.94	0.29	0.29	1.26%	64.80	63.10	1.70	-	-	1.61	24:00
08.03.2021	83.34	56.45	26.89	0.29	0.29	1.52%	65.60	63.60	2.00	-	-	1.76	24:00
09.03.2021	78.08	54.22	23.86	0.29	0.29	10.22%	70.10	62.10	8.00	-	-	1.98	24:00
10.03.2021	80.84	55.48	25.37	0.29	0.29	12.66%	64.70	55.70	9.00	-	-	2.01	24:00
11.03.2021	76.78	48.53	28.25	0.29	0.29	17.09%	46.90	38.30	8.60	-	-	1.64	24:00
12.03.2021	76.83	50.04	26.80	0.29	0.29	13.97%	53.90	45.70	8.20	-	-	1.75	24:00
13.03.2021	83.20	55.11	28.08	0.29	0.29	0.61%	63.50	62.10	1.40	-	-	1.75	24:00
14.03.2021	82.04	57.79	24.25	0.29	0.29	0.94%	81.40	79.50	1.90	-	-	1.96	24:00
15.03.2021	86.90	56.51	30.38	0.29	0.29	11.70%	60.30	52.30	8.00	-	-	2.14	24:00

Дата - Время	Температура, °С			Давление, МПа		Масса, т %М	Объем, м³			Тепловая энергия, ГКал			Время, ч Траб
	T1	T2	ΔT	P1	P2		V1	V2	ΔV	Q1	Q2	ΔQ	
05.06.2021	22.80	22.07	0.73	0.29	0.29	100.00%	0.20	0.00	0.20	-	-	0.00	24:00
06.06.2021	20.76	21.31	-0.55	0.29	0.29	100.00%	0.20	0.00	0.20	-	-	0.00	24:00
07.06.2021	55.16	23.12	32.03	0.29	0.29	100.00%	5.50	0.00	5.50	-	-	0.28	24:00
08.06.2021	55.32	24.54	30.78	0.29	0.29	100.00%	4.60	0.00	4.60	-	-	0.23	24:00
09.06.2021	57.58	24.69	32.89	0.29	0.29	100.00%	5.30	0.00	5.30	-	-	0.28	24:00
10.06.2021	55.15	24.47	30.68	0.29	0.29	100.00%	4.90	0.00	4.90	-	-	0.25	24:00
11.06.2021	54.70	23.62	31.08	0.29	0.29	100.00%	4.00	0.00	4.00	-	-	0.20	24:00
12.06.2021	21.15	21.56	-0.41	0.29	0.29	100.00%	0.10	0.00	0.10	-	-	0.00	24:00
13.06.2021	19.53	21.05	-1.51	0.29	0.29	100.00%	0.20	0.00	0.20	-	-	0.00	24:00
14.06.2021	19.92	20.92	-1.00	0.29	0.29	100.00%	0.10	0.00	0.10	-	-	0.00	24:00
15.06.2021	54.49	23.30	31.19	0.29	0.29	100.00%	4.90	0.00	4.90	-	-	0.25	24:00
16.06.2021	55.82	23.98	31.83	0.29	0.29	100.00%	5.00	0.00	5.00	-	-	0.26	24:00
17.06.2021	55.08	24.78	30.30	0.29	0.29	100.00%	4.50	0.00	4.50	-	-	0.23	24:00
18.06.2021	54.74	25.12	29.62	0.29	0.29	100.00%	3.70	0.00	3.70	-	-	0.19	24:00
19.06.2021	23.21	23.50	-0.29	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
20.06.2021	21.13	23.71	-2.58	0.29	0.29	100.00%	0.10	0.00	0.10	-	-	0.00	24:00
21.06.2021	54.59	24.95	29.64	0.29	0.29	100.00%	4.50	0.00	4.50	-	-	0.23	24:00
22.06.2021	53.23	25.06	28.17	0.29	0.29	100.00%	3.90	0.00	3.90	-	-	0.19	24:00
23.06.2021	55.42	25.36	30.06	0.29	0.29	100.00%	3.70	0.00	3.70	-	-	0.19	24:00
24.06.2021	58.03	24.97	33.06	0.29	0.29	100.00%	4.20	0.00	4.20	-	-	0.23	24:00
25.06.2021	54.94	24.98	29.96	0.29	0.29	100.00%	3.40	0.00	3.40	-	-	0.17	24:00
26.06.2021	21.32	22.81	-1.49	0.29	0.29	100.00%	0.10	0.00	0.10	-	-	0.00	24:00
27.06.2021	20.97	22.15	-1.18	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
28.06.2021	31.54	24.42	7.12	0.29	0.29	100.00%	0.50	0.00	0.50	-	-	0.01	24:00
29.06.2021	54.66	24.51	30.15	0.29	0.29	100.00%	3.50	0.00	3.50	-	-	0.18	24:00
30.06.2021	55.28	24.25	31.03	0.29	0.29	100.00%	3.00	0.00	3.00	-	-	0.15	24:00
01.07.2021	51.34	24.46	26.88	0.29	0.29	100.00%	3.20	0.00	3.20	-	-	0.15	24:00
02.07.2021	50.54	24.48	26.07	0.29	0.29	100.00%	3.00	0.00	3.00	-	-	0.14	24:00
03.07.2021	23.41	23.22	0.19	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
04.07.2021	22.52	23.27	-0.75	0.29	0.29	100.00%	0.10	0.00	0.10	-	-	0.00	24:00
05.07.2021	28.81	25.85	2.96	0.29	0.29	100.00%	0.40	0.00	0.40	-	-	0.01	24:00
06.07.2021	46.26	26.74	19.52	0.29	0.29	100.00%	1.80	0.00	1.80	-	-	0.08	24:00
07.07.2021	61.06	70.00	-8.94	0.29	0.29	100.00%	2.30	0.00	2.30	-	-	0.13	24:00
08.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	100.00%	2.90	0.00	2.90	-	-	0.32	24:00
09.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	100.00%	2.50	0.00	2.50	-	-	0.28	24:00
10.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
11.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	100.00%	0.10	0.00	0.10	-	-	0.01	24:00
12.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	100.00%	2.90	0.00	2.90	-	-	0.32	24:00
13.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	100.00%	2.90	0.00	2.90	-	-	0.32	24:00
14.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	100.00%	2.10	0.00	2.10	-	-	0.23	24:00
15.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	100.00%	2.20	0.00	2.20	-	-	0.24	24:00
16.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	100.00%	2.90	0.00	2.90	-	-	0.32	24:00
17.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
18.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	100.00%	0.30	0.00	0.30	-	-	0.03	24:00
19.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	100.00%	2.40	0.00	2.40	-	-	0.26	24:00
20.07.2021	120.00	70.00	50.00	0.29	0.29	85.19%	2.10	0.30	1.80	-	-	0.21	24:00
21.07.2021	48.50	26.42	22.08	0.29	0.29	100.00%	2.30	0.00	2.30	-	-	0.10	24:00
22.07.2021	49.65	26.70	22.95	0.29	0.29	100.00%	2.40	0.00	2.40	-	-	0.11	24:00
23.07.2021	50.88	26.63	24.25	0.29	0.29	100.00%	2.60	0.00	2.60	-	-	0.12	24:00
24.07.2021	24.70	26.13	-1.43	0.29	0.29	100.00%	0.40	0.00	0.40	-	-	0.01	24:00
25.07.2021	25.55	26.46	-0.91	0.29	0.29	100.00%	0.10	0.00	0.10	-	-	0.00	24:00
26.07.2021	49.81	27.24	22.57	0.29	0.29	100.00%	2.30	0.00	2.30	-	-	0.11	24:00
27.07.2021	46.42	27.18	19.24	0.29	0.29	100.00%	2.20	0.00	2.20	-	-	0.09	24:00
28.07.2021	50.24	26.61	23.63	0.29	0.29	100.00%	2.60	0.00	2.60	-	-	0.12	24:00
29.07.2021	49.09	25.77	23.33	0.29	0.29	100.00%	2.40	0.00	2.40	-	-	0.11	24:00
30.07.2021	49.13	25.32	23.81	0.29	0.29	100.00%	2.40	0.00	2.40	-	-	0.11	24:00
31.07.2021	24.37	24.13	0.24	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
01.08.2021	24.57	24.21	0.36	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
02.08.2021	33.91	24.65	9.26	0.29	0.29	100.00%	0.60	0.00	0.60	-	-	0.02	24:00
03.08.2021	54.77	25.41	29.36	0.29	0.29	100.00%	3.30	0.00	3.30	-	-	0.17	24:00
04.08.2021	40.43	25.00	15.43	0.29	0.29	100.00%	0.80	0.00	0.80	-	-	0.03	24:00
05.08.2021	44.76	25.40	19.36	0.29	0.29	100.00%	1.70	0.00	1.70	-	-	0.07	24:00
06.08.2021	25.59	24.51	1.07	0.29	0.29	100.00%	0.30	0.00	0.30	-	-	0.01	24:00
07.08.2021	24.15	23.88	0.27	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
08.08.2021	23.46	23.73	-0.28	0.29	0.29	100.00%	0.10	0.00	0.10	-	-	0.00	24:00
09.08.2021	48.30	25.42	22.88	0.29	0.29	100.00%	2.70	0.00	2.70	-	-	0.12	24:00
10.08.2021	55.15	25.36	29.79	0.29	0.29	100.00%	3.80	0.00	3.80	-	-	0.19	24:00
11.08.2021	53.22	25.27	27.95	0.29	0.29	100.00%	3.90	0.00	3.90	-	-	0.19	24:00
12.08.2021	52.12	25.72	26.40	0.29	0.29	100.00%	3.30	0.00	3.30	-	-	0.16	24:00

Дата - Время	Температура, °С			Давление, МПа		Масса, т %М	Объем, м³			Тепловая энергия, ГКал			Время, ч Траб
	T1	T2	ΔT	P1	P2		V1	V2	ΔV	Q1	Q2	ΔQ	
13.08.2021	51.04	25.46	25.58	0.29	0.29	100.00%	2.60	0.00	2.60	-	-	0.12	24:00
14.08.2021	23.90	23.70	0.20	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
15.08.2021	23.67	23.35	0.31	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
16.08.2021	23.19	22.78	0.41	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
17.08.2021	22.96	22.56	0.41	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
18.08.2021	22.93	22.48	0.45	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
19.08.2021	22.98	22.51	0.46	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
20.08.2021	22.31	21.94	0.37	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
21.08.2021	22.08	21.70	0.38	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
22.08.2021	22.04	21.62	0.43	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
23.08.2021	21.88	21.49	0.39	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
24.08.2021	21.83	21.44	0.39	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
25.08.2021	21.68	21.20	0.48	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
26.08.2021	39.72	22.77	16.95	0.29	0.29	100.00%	1.10	0.00	1.10	-	-	0.04	24:00
27.08.2021	52.34	24.08	28.26	0.29	0.29	100.00%	4.00	0.00	4.00	-	-	0.19	24:00
28.08.2021	22.78	22.42	0.36	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
29.08.2021	22.17	22.53	-0.35	0.29	0.29	100.00%	0.10	0.00	0.10	-	-	0.00	24:00
30.08.2021	54.16	24.82	29.34	0.29	0.29	100.00%	3.90	0.00	3.90	-	-	0.19	24:00
31.08.2021	57.27	25.13	32.14	0.29	0.29	100.00%	4.90	0.00	4.90	-	-	0.26	24:00
01.09.2021	55.05	24.36	30.69	0.29	0.29	100.00%	4.30	0.00	4.30	-	-	0.22	24:00
02.09.2021	56.32	23.49	32.84	0.29	0.29	100.00%	5.10	0.00	5.10	-	-	0.27	24:00
03.09.2021	57.74	23.46	34.28	0.29	0.29	100.00%	5.90	0.00	5.90	-	-	0.31	24:00
04.09.2021	22.02	21.03	0.99	0.29	0.29	100.00%	0.20	0.00	0.20	-	-	0.00	24:00
05.09.2021	20.35	20.28	0.07	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
06.09.2021	56.51	22.67	33.85	0.29	0.29	100.00%	5.80	0.00	5.80	-	-	0.30	24:00
07.09.2021	57.29	22.76	34.53	0.29	0.29	100.00%	5.70	0.00	5.70	-	-	0.30	24:00
08.09.2021	56.00	22.82	33.18	0.29	0.29	100.00%	5.50	0.00	5.50	-	-	0.28	24:00
09.09.2021	57.26	23.19	34.07	0.29	0.29	100.00%	5.80	0.00	5.80	-	-	0.31	24:00
10.09.2021	56.66	23.13	33.53	0.29	0.29	100.00%	6.10	0.00	6.10	-	-	0.32	24:00
11.09.2021	23.58	20.26	3.32	0.29	0.29	100.00%	0.10	0.00	0.10	-	-	0.00	24:00
12.09.2021	19.47	19.55	-0.08	0.29	0.29	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	24:00
13.09.2021	59.26	22.24	37.02	0.29	0.29	100.00%	6.50	0.00	6.50	-	-	0.36	24:00
14.09.2021	60.03	22.75	37.28	0.29	0.29	100.00%	6.00	0.00	6.00	-	-	0.33	24:00
15.09.2021	59.69	22.71	36.98	0.29	0.29	100.00%	6.20	0.00	6.20	-	-	0.34	24:00
16.09.2021	67.15	43.81	23.34	0.29	0.29	19.67%	36.90	29.30	7.60	-	-	1.13	24:00
17.09.2021	66.07	41.62	24.45	0.29	0.29	10.39%	40.20	35.60	4.60	-	-	1.12	24:00
18.09.2021	65.02	41.02	24.00	0.29	0.29	-1.43%	33.00	33.10	-0.10	-	-	0.76	24:00
19.09.2021	64.93	40.44	24.49	0.29	0.29	-2.74%	30.60	31.10	-0.50	-	-	0.70	24:00
20.09.2021	65.86	42.81	23.05	0.29	0.29	11.32%	44.70	39.20	5.50	-	-	1.20	24:00
21.09.2021	66.26	45.49	20.77	0.29	0.29	9.68%	52.80	47.20	5.60	-	-	1.29	24:00
22.09.2021	65.55	41.79	23.76	0.29	0.29	12.32%	39.80	34.50	5.30	-	-	1.11	24:00
23.09.2021	65.25	39.34	25.91	0.29	0.29	14.57%	34.60	29.20	5.40	-	-	1.06	24:00
24.09.2021	68.83	39.07	29.77	0.29	0.29	16.97%	30.30	24.80	5.50	-	-	1.06	24:00
25.09.2021	68.15	39.68	28.46	0.29	0.29	-2.05%	28.50	28.70	-0.20	-	-	0.77	24:00
26.09.2021	70.85	38.81	32.03	0.29	0.29	-1.97%	23.30	23.40	-0.10	-	-	0.71	24:00
27.09.2021	71.71	39.25	32.46	0.29	0.29	15.62%	28.30	23.50	4.80	-	-	1.05	24:00
28.09.2021	71.16	39.30	31.86	0.29	0.29	16.93%	29.10	23.80	5.30	-	-	1.08	24:00
29.09.2021	68.73	39.04	29.69	0.29	0.29	14.59%	31.00	26.10	4.90	-	-	1.06	24:00
30.09.2021	67.13	41.34	25.79	0.29	0.29	11.84%	37.90	33.00	4.90	-	-	1.12	24:00
01.10.2021	68.01	38.46	29.55	0.29	0.29	15.14%	30.00	25.10	4.90	-	-	1.02	24:00
Итого:	62.69	43.39	19.31	0.29	0.29	6.40	30 776.10	28 331.40	2 444.70			946.43	22 655.00

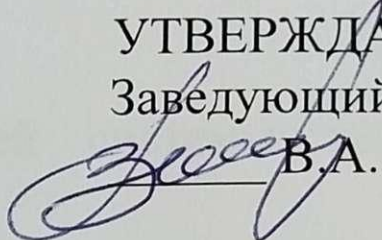
Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра «Теплотехники и гидрогазодинамики»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.А. Кулагин

« 3 » июля 2023 г.

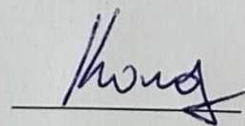
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Анализ систем теплоснабжения зданий

13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

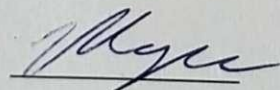
13.04.01.01 Энергетика теплотехнологий

Руководитель



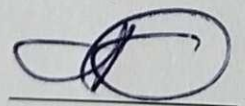
канд. техн. наук, доцент кафедры М.В. Колосов

Выпускник



Ю.В. Жгун

Рецензент



доктор техн. наук, профессор

Ю.Л. Липовка

Красноярск 2023