

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

Политехнический институт
институт
Кафедра «Теплотехники и гидрогазодинамики»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.А. Кулагин
Инициалы, фамилия
подпись «___» _____ 2024 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**Оценка энергоэффективности методом
анализа теплopotребления групп объектов**

тема

13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

код и наименование направления

13.04.01.01 – Энергетика теплотехнологий

код и наименование магистерской программы

Руководитель

Подпись, дата

доцент ТТиГД, к.т.н.
должность, ученая степень

А.Ю. Радзюк
Инициалы, фамилия

Выпускник

Подпись, дата

М.Ю. Солтан
Инициалы, фамилия

Рецензент

Подпись, дата

профессор, к.т.н.
должность, ученая степень

Ю.В. Видин
Инициалы, фамилия

Красноярск 2024

РЕФЕРАТ	3
Введение	5
1 Состояние вопроса	6
1.1 Система теплоснабжения особенности, анализ эффективности работы	6
1.2 Общая характеристика систем теплоснабжения г. Красноярска	12
1.3 Показатели энергоэффективности зданий	23
1.4 Способы регулирования режимов теплопотребления	27
2 Нормативная документация при проектировании систем теплоснабжения	40
2.1 Требования к проектированию систем теплоснабжения	40
2.2 Аварийные ситуации и потери в системах теплоснабжения	48
2.3 Алгоритм расчета показателей	51
2.4 Анализ показаний приборов учета тепловой энергии подобных зданий	53
3 Анализ полученных данных и разработка схемы реконструкции	56
3.1 Графическая аналитика массива данных	56
3.2 Расчет и выбор автоматических устройств	66
3.2.1 Выбор контроллера	66
3.2.2 Выбор смесительного насоса системы отопления	68
3.2.3 Выбор регулирующего клапана системы отопления	69
3.2.4 Расчет балансировочного клапана	71
3.2.5 Подбор регулятора перепада давления	72
3.2.6 Проектировка принципиальной схемы	74
3.3 Расчет сроков затрат и окупаемости	77
Заключение	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	80

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Оценка энергоэффективности методом анализа теплоснабжения групп объектов» содержит 82 страницы текстового документа, 29 иллюстраций, 2 таблицы, 22 использованных источников.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ТЕПОВОЙ ПУНКТ (ИТП), УЗЕЛ УЧЕТА (УУ), ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ (ТЭ), ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ (ГВС), ЭЛЕВАТОРНЫЙ УЗЕЛ СМЕШЕНИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ (АСР).

Целью магистерской диссертации являлась оценка энергоэффективности методом анализа теплоснабжения группы объектов. На основании полученных данных была доказана необходимость расчета и подбора оборудования для реконструкции индивидуального теплового пункта.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- Изучены показания узлов учета нескольких подобных объектов;
- Проведены численные и экспериментальные сравнения показаний учета;
- Рассчитаны и подобраны комплектующие для реконструкции ИТП.

Во время работы был произведен анализ существующей системы теплоснабжения зданий, узлов учета, автоматики, установленных на системе теплоснабжения и параметров теплоносителя зданий. Также была разработана схема реконструкции для ИТП объекта по адресу Железнодорожников 13.

В результате проведенной работы была доказана практическая значимость работы по применению анализа теплоснабжения группы объектов.

Введение

В настоящее время одним из необходимых условий развития научно-технического прогресса является обеспечение человечества достаточным количеством энергии и топлива. В сфере жилищно-коммунального комплекса большой объем зданий в следствии устаревших технологий неэффективно расходует энергоресурсы, что в свою очередь ведет к увеличению расхода бюджета. Однако появляется вопрос, как выявить объекты или группу объектов, которые неэкономно расходуют ресурсы.

С развитием технологий по средствам новых методик контроля и анализа появились возможности выявления «слабых мест» объектов для минимизации потерь в комплексе систем теплоснабжения. Это позволяет снижать потребление энергии, вместо постоянного увеличения ее производства, что приводит к снижению расходов на тепловую энергию и ее более эффективному использованию.

В наше время подавляющее большинство зданий в нашей стране не имеют современной системы в виде ИТП с АСР, что приводит к неэффективному использованию энергоресурсов. Именно в сфере жилищно-коммунального комплекса(ЖКХ) энергетические затраты являются одной из значимых статей бюджета организаций. Согласно 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности», принятым в ноябре 2009 года, собственники зданий имеют право регулировать потребление энергоресурсов в доме и оплачивать фактически потребленное количество ресурсов по показаниям приборов учета [1].

Исходя из вышеперечисленного, данная тема является одной из наиболее актуальных в настоящее время.

1 Состояние вопроса

1.1 Система теплоснабжения особенности, анализ эффективности работы

Системой теплоснабжения называется совокупность источников теплоты, устройств для её транспортировки и непосредственных потребителей теплоты.

Основное назначение систем теплоснабжения – обеспечение потребителей необходимым количеством теплоты требуемых параметров.

Существуют разные системы теплоснабжения: централизованные и децентрализованные. Централизованная система теплоснабжения включает в себя источник и потребителей. Они могут находиться друг от друга на значительном расстоянии, передача теплоты производится по тепловым сетям. Децентрализованная система теплоснабжения – включает в себя источник теплоты и теплоприемники потребителей, которые совмещены в одном агрегате или находятся так близко друг от друга, что не требуется специальных устройств для транспорта теплоты.

Централизованное теплоснабжение делится на:

- групповое – теплоснабжение группы зданий от одного источника теплоты;
- районное – теплоснабжение района города от одного источника теплоты;
- городское – теплоснабжение нескольких районов города или города в целом от одного источника теплоты;
- межгородское – теплоснабжение нескольких городов от одного источника теплоты.

Централизованное теплоснабжение представляет собой совокупность следующих операций: подготовка теплоносителя, транспорт теплоносителя; использование теплоносителя.

Подготовка теплоносителя производится в теплоподготовительных установках на теплоэлектроцентралях, а также в городских, районных, квартальных или промышленных котельных. Транспортируется теплоноситель по тепловым сетям и используется в теплоприемниках потребителей.

Децентрализованное теплоснабжение делится на индивидуальное и местное. Индивидуальное – помещение имеет отдельный собственный источник теплоты. Местное – отопление всех помещений здания производится от обособленного, общего источника теплоты.

Системы теплоснабжения классифицируют:

- по виду транспортируемого теплоносителя – паровые, водяные, газовые, воздушные;
- по числу параллельно проложенных трубопроводов – одно-, двух- и многотрубные;
- по способу присоединения систем горячего водоснабжения к тепловым сетям – закрытые и открытые;
- по виду потребителя теплоты – коммунально-бытовые и технологические.

Теплоноситель характеризуется санитарно-гигиеническими, технико-экономическими и эксплуатационными показателями.

Газы: образуются при сгорании топлива, имеют высокую температуру, однако транспортирование газов усложняет систему отопления и приводит к значительным тепловым потерям.

С санитарно-гигиенической точки зрения при использовании газов трудно обеспечить допустимые температуры нагревательных элементов.

Однако, при смешении в определенной пропорции с холодным воздухом, газы в виде газо-воздушной смеси могут быть использованы в различных технологических установках.

Воздух: используется в системах воздушного отопления, позволяет довольно просто поддерживать постоянную температуру в помещении. Вследствие малой теплоемкости масса воздуха, нагревающего помещение должна быть значительной, что приводит к существенному увеличению габаритов каналов для его перемещения, росту гидравлических сопротивлений и расходу электроэнергии на транспортировку. Поэтому воздушное отопление на промышленных предприятиях осуществляется или совмещенным с системами вентиляции, или путем установки в цехах специальных отопительных установок.

Пар: при конденсации в нагревательных устройствах отдает значительное количество теплоты за счет высокой удельной теплоты преобразования. Поэтому масса пара при данной тепловой нагрузке уменьшается по сравнению с другими теплоносителями. При использовании пара температура наружной поверхности нагревательных устройств будет выше 100°C , что приводит к возгонке пыли, осевшей на этих поверхностях, к выделению в помещениях вредных веществ и появлению неприятных запахов. Кроме того, паровые системы являются источниками шумов; диаметры паропроводов довольно значительны вследствие большого удельного объема пара.

Вода: имеет высокую теплоемкость и плотность, что позволяет передавать большие количества теплоты на значительные расстояния при невысоких тепловых потерях, малых диаметрах трубопроводов и невысоких температурах поверхности нагревательных устройств. Перемещение воды требует больших затрат энергии. Используется в качестве теплоносителя для сезонной нагрузки отопления и горячего водоснабжения.

Водяные системы теплоснабжения делятся на закрытые и открытые. В закрытых системах вода циркулирует в замкнутом контуре «источник теплоснабжения – тепловая сеть – потребитель теплоты – источник теплоснабжения». Вода в таких системах используется только как теплоноситель, из сети не отбирается ни на бытовые, ни на технологические нужды. В открытых циркулирующая вода частично разбирается потребителями для горячего водоснабжения.

Перед попаданием теплоносителя непосредственно к потребителю происходит его подвод к тепловым пунктам, которые в свою очередь имеют подразделения на: ИТП – индивидуальные тепловые пункты и ЦТП – центральные тепловые пункты, сооружаемые для двух или более зданий.

На ЦТП осуществляется присоединение теплопотребляющих установок группы жилых и общественных зданий к тепловой сети. В ЦТП устанавливаются:

- блоки подогревателей ГВС;
- групповые смесительные установки сетевой воды;
- подкачивающие насосы холодной водопроводной воды, а при необходимости и сетевой;
- регуляторы и контрольно-измерительные приборы.

При использовании ЦТП уменьшаются затраты на сооружение подогревательной установки ГВС, насосных установок и систем автоматического регулирования, но возрастают затраты на сооружение участка тепловой сети между ЦТП и отдельными зданиями, так как вместо двухтрубной сети требуется сооружать четырех трубную или трехтрубную при тупиковой схеме ГВС.

Закрытые системы теплоснабжения – это системы, в которых вода, циркулирующая в трубопроводе, используется только как теплоноситель, и не забирается из теплосети для нужд обеспечения горячего водоснабжения.

При такой схеме система полностью закрыта от окружающей среды. В такой системе утечки теплоносителя возможны, но они незначительны, все потери воды автоматически восполняются с помощью регулятора подпитки.

Подача тепла в закрытой системе теплоснабжения регулируется централизованным способом, при этом количество теплоносителя, т.е. воды, остается в системе неизменным. Расход тепла в системе зависит от температуры циркулирующего теплоносителя.

В закрытых системах теплоснабжения используются возможности тепловых пунктов. На них, от поставщика тепловой энергии, ТЭЦ, поступает теплоноситель, а его температура регулируется до необходимой величины для нужд отопления и горячего водоснабжения центральными тепловыми пунктами, которые и распределяют ее по потребителям.

Преимуществом закрытой системы теплоснабжения является гидравлическая изолированность водопроводной воды от сетевой воды, циркулирующей в тепловой сети [2].

Основными недостатками закрытых систем являются:

1. Сложность оборудования и эксплуатации систем ГВС вследствие установки подогревателей.
2. Накипеобразование в подогревателях и трубопроводах ГВС при использовании водопроводной воды, имеющей высокий уровень жесткости.
3. Коррозия установок подготовки горячей воды в ИТП и ЦТП вследствие использования в них недеаэрированной водопроводной воды.

Основными типами открытых систем являются двухпроводные системы теплоснабжения.

Открытая система теплоснабжения по способу присоединения к теплосетям может быть зависимой, т.е. соединяться через элеваторы и насосы, или присоединяться по независимой схеме – через теплообменники.

Зависимые системы теплоснабжения, это такие системы, в которых теплоноситель по трубопроводу попадает сразу в систему отопления потребителя. Такая схема присоединения конструктивно проста. Она несложна в обслуживании и не требует никакого дополнительного оборудования, например, циркуляционных насосов, автоматических приборов регулирования и контроля, теплообменников и т.д. В данной схеме отсутствует возможность регулирования подачи тепловой энергии в начале и конце отопительного сезона, когда появляется ее избыток. Это влияет на комфорт потребителя, приводит к потерям и чрезмерному расходу тепловой энергии на каждое здание. При внедрении методик перехода от зависимой системы теплоснабжения к независимой экономия тепла возрастает почти на 30%.

Независимыми системами теплоснабжения называют системы, в которых отопительное оборудование потребителей изолировано гидравлически от производителя тепла, а для теплоснабжения потребителей используют дополнительные теплообменники центральных тепловых пунктов.

Независимая система теплоснабжения имеет несколько преимуществ:

- возможность регулирования количества тепла, доставленного к потребителю при помощи регулирования вторичного теплоносителя;
- более высокая надежность;
- энергосберегающий эффект, при такой системе экономия тепла составляет порядка 30%;
- улучшения эксплуатационных и технических качеств теплоносителя, что существенно повышает защиту тепловых установок от загрязнений.

Поэтому, независимые системы теплоснабжения стали активно применяться в крупных городах, где тепловые сети имеют большую

протяженность и разброс тепловых нагрузок. В настоящее время успешно внедряются технологии реконструкции зависимых систем теплоснабжения в независимые.

Отопительные установки присоединяются к тепловой сети по тем же схемам, что и в закрытых системах теплоснабжения.

Большая часть воды из тепловой сети расходуется на потребителей ГВС, вследствие чего расходы воды, подогретой примерно до 70°C, на подпитку сети увеличивается.

Недостатками открытых систем являются:

а) усложнение и удорожание подготовки воды в источнике теплоснабжения;

б) нестабильность воды ГВС по запаху, цветности и санитарным качествам;

в) усложнение эксплуатации из-за нестабильного гидравлического режима тепловой сети вследствие переменного расхода воды обратной линии;

г) сложность контролирования непроизводительных утечек воды;

д) увеличение объема санитарного контроля воды в системе теплоснабжения [3].

1.2 Общая характеристика систем теплоснабжения г.

Красноярска

В городе Красноярске преобладает централизованное теплоснабжение потребителей коммунально-бытового сектора от ТЭЦ, угольных и электродогревательных.

Доля централизованного теплоснабжения города растёт, тенденция к увеличению централизации выработки тепла объясняется тем, что

застройщики жилья, объектов соцкультбыта, торговли и прочие стараются подключиться к уже существующим теплоисточникам. Увеличивается тепловая нагрузка в основном на энергоисточники с комбинированной выработкой тепла и электрической энергии (ТЭЦ). В тоже время снижается доля отпускаемого тепла от существующих котельных за счет закрытия части угольных котельных и снижения использования тепловой мощности электрокотельных как менее экономичных теплоисточников. Тепловая нагрузка закрываемых угольных котельных и электрокотельных переключается на Красноярские ТЭЦ.

Помимо теплоснабжения общественного и жилищного фонда в городе к системам централизованного теплоснабжения подключены промышленные потребители, получающие тепловую энергию, как в паре, так и в горячей воде. Теплоснабжение промышленных потребителей происходит от красноярских ТЭЦ и от собственных котельных, некоторые из которых отпускают тепловую энергию еще и потребителям жилищно-коммунального сектора, и объектам социальной сферы.

Базовыми источниками теплоснабжения являются источники с комбинированной выработкой теплоты и электроэнергии (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3), работающие по циклу Ренкина с турбоагрегатами, имеющими регулируемые отборы пара отопительных и производственных параметров. Теплота из этих отборов передается через основные (работающие на паре отопительных параметров) и пиковые бойлера (работающие на паре промышленных параметров) к теплоносителю первого контура. Другая (незначительная) часть теплоты в виде водяного пара разных параметров передается по паровым сетям к технологическим потребителям. Теплоноситель первого контура по магистральным тепловым сетям переносит теплоту к центральным тепловым пунктам (ЦТП и КРП), а также непосредственно к потребителям.

Отпуск тепла от ТЭЦ осуществляется по температурному графику 150/70°С со срезкой на 130°С. На котельных регулирование осуществляется в соответствии с температурными графиками 150/70°С, 130/70°С, 120/70°С, 115/70°С, 110/70°С, 95/70°С.

Системы централизованного теплоснабжения города Красноярска имеют развитую сеть трубопроводов. Сложности в обеспечении гидравлического режима ряда потребителей города возникают вследствие большой разности геодезических отметок (более 200 метров), а также протяженности (радиуса действия) тепловых сетей до наиболее удаленных потребителей тепловой энергии, достигающей более 16,2 км.

Тепловая энергия от теплоисточников до потребителей города транспортируется в основном по 2-х трубной системе тепловых сетей. Около 90% систем теплоснабжения потребителей подключены по зависимым схемам с открытым водоразбором теплоносителя из тепловых сетей на нужды горячего водоснабжения.

Сложный рельеф местности и протяженность тепловых магистралей предопределили необходимость строительства большого числа мощных перекачивающих насосных станций.

Общая протяженность тепловых сетей в двухтрубном исчислении по городу составляет 965,1 км, в т. ч. протяженность магистральных тепловых сетей – 333,1 км.

Расположение основных источников тепловой энергии (мощности) г. Красноярска и их зоны действия представлены на рисунке 1.

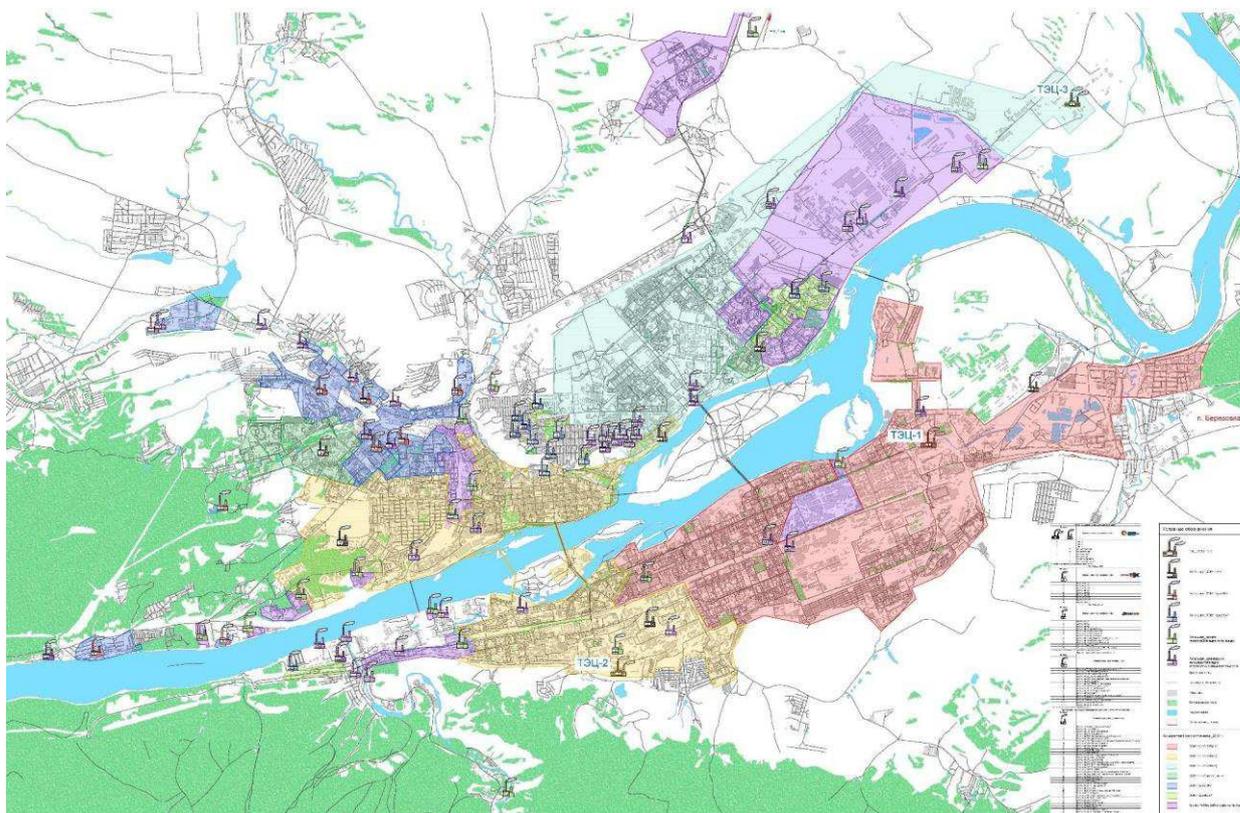


Рисунок 1 – Основные источники тепловой энергии (мощности) города Красноярска

1.3 Тепловая эффективность жилых зданий

Тепловая эффективность определяется комплексом конструктивно-планировочных решений зданий и инженерных мероприятий, направленных на обеспечение оптимального теплового режима в отапливаемых помещениях при наименьших затратах тепловой энергии.

На тепловую эффективность жилых зданий оказывает существенное влияние объемно-пространственная композиция здания и его конструктивные параметры, теплозащитные свойства наружных ограждающих конструкций, размеры и конструкции заполнения световых проемов, способы обогрева и регулирования теплоотдачи в отапливаемые помещения.

Для решения проблемы повышения тепловой эффективности жилых зданий на основании проведенных исследований и разработок последнего времени можно сделать следующие выводы:

1. Тепловая эффективность жилых зданий может быть улучшена за счет повышения нормативных требований к сопротивлению теплопередаче наружных ограждающих конструкций, ограничения размеров световых проемов и совершенствования конструкций их заполнения (расширение области применения тройного остекления, экранирование оконных проемов, применение теплозащитного стекла), рациональных объемно-планировочных решений зданий, автоматизации центрального местного и индивидуального регулирования тепловой подачи системами отопления.

2. На тепловую эффективность зданий при их возведении решающее влияние оказывает качество применяемых материалов, изделий и оборудования, а также монтаж здания и систем инженерного оборудования.

3. Снижение фактических расходов тепла на отопление зависят от технической исправности зданий, наружных тепловых сетей и внутренних систем инженерного оборудования и квалификации обслуживающего персонала.

В целях повышения тепловой эффективности жилых зданий рекомендуется:

- по совершенствованию проектных решений жилых зданий:

В однослойных панелях наружных стен применять материалы с объемным весом не более 1100 кг/м³. При отсутствии легких бетонов осуществлять последовательный переход от однослойных ограждающих конструкций из малоэффективных строительных материалов к многослойным наружным ограждениям с использованием высокоэффективных утеплителей. Целесообразно применять многослойные конструкции наружных стеновых панелей на гибких связях, в которых

наиболее полно (по всей площади ограждения) используются теплозащитные свойства высокоэффективных утеплителей, а нормативное сопротивление теплопередаче равно $1,6 R_{po}^t$.

Проектные организации при разработке индивидуальных проектов и привязке типовых проектов должны принимать экономически целесообразные сопротивления теплопередаче наружных ограждений.

В районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки -36°C и ниже применять заполнение световых проемов только с тройным остеклением или двойное раздельное с одним теплозащитным стеклом. Двойное остекление в спаренных переплетах применять в районах с температурой наиболее холодной пятидневки -20°C и выше. По мере освоения промышленностью выпуска теплозащитного (селективного) стекла предусматривать применение его для заполнения световых проемов.

В зданиях высотой 9 этажей и более следует применять теплые чердаки. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций теплого чердака определять исходя из уравнения воздушно-теплового баланса, не допуская, чтобы температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций была ниже точки росы.

Предусматривать устройство двойных входных тамбуров в здания в зависимости от этажности здания и расчетной температуры наиболее холодной пятидневки (таблица 1).

Таблица 1 – Устройство двойных тамбуров в здании в зависимости от этажности зданий и районов строительства

Температура наиболее холодной пятидневки t_n , $^{\circ}\text{C}$	Двойной входной тамбур в здание с количеством этажей
До -20	16
От -21 до -25	12
От -26 до -34	9
От -35 до -39	4

В строительной части проекта предусматривать мероприятия по утеплению стыков панелей наружных стен цельноформованными вкладышами из пенополистирола и герметизации наружных и внутренних ограждающих конструкций (стыков панелей наружных и внутренних стен, перекрытий, вентблоков).

Предусматривать уплотнение притворов окон и дверей, поэтажное диафрагмирование мест прокладки инженерных коммуникаций, заделку открытых торцов труб вводов в квартиры электрических и слаботочных сетей. Для уплотнения притворов окон и дверей применять прокладки из пенополиуретана.

Увеличивать ширину корпуса в проекте жилых домов меридиональной ориентации. Дома высотой более 12 этажей, а также односекционные дома имеют более высокие удельные расходы тепла и с этой точки зрения применение их в массовой застройке нецелесообразно.

- по инженерному оборудованию:

Сдавать системы отопления на тепловой эффект.

В домах с ограждающими конструкциями из тяжелого бетона целесообразно предусматривать системы панельного отопления с размещением нагревательных элементов во внутреннем слое бетона многослойных наружных стеновых панелей или по контуру внутренних железобетонных перегородок.

Предусматривать в системах отопления местное (пофасадное) регулирование теплоподдачи.

Предусматривать диспетчеризацию управления работой тепловых пунктов.

При отсутствии технико-экономических обоснований все трубопроводы, прокладываемые в техническом подполье, изолировать.

В зданиях высотой более 9 этажей следует предусматривать возможность установки малозумных бесфундаментных циркуляционных насосов типа ЦМВЦ, обеспечивающих стабилизацию работы систем отопления, уменьшение их металлоемкости и снижение расхода тепла.

Разработать проекты и проверить в экспериментальном строительстве эксплуатационные характеристики различных вариантов двухкомпонентных систем отопления (радиаторные или панельные системы отопления с безынерционными доводчиками, с вентиляторными конвекторами и др.).

Предусматривать, по мере освоения промышленностью (в первую очередь в малоэтажных зданиях), переход на автоматизированные индивидуальные поквартирные газовые или электрические генераторы тепла, дающие значительную экономию его расхода.

Расширить научно-исследовательские работы, направленные на более широкое использование геотермальных вод и солнечной энергии для целей бытового теплоснабжения.

Предусмотреть проведение научно-исследовательской работы, направленной на поиск схем дымозащиты путей эвакуации в многоэтажных зданиях инженерными средствами, так как в лестничных клетках «с проходом через воздушную зону» на каждом этаже теплопотери чрезмерно велики.

- по улучшению качества материалов и изделий:

Не допускать применения в строительстве материалов и изделий, не соответствующих требованиям ГОСТ.

Ввести на заводах крупнопанельного домостроения обязательный контроль теплофизических свойств выпускаемых изделий и их геометрических параметров. Выдавать сертификаты на партию изделий, в

которых указывать Ro, и эти документы включать в акты на сдачу здания госкомиссии.

Для реализации предложения о переходе на применение панелей наружных стен на гибких связях необходимо увеличить производство высокоэффективных утеплителей и других материалов, применяемых для изготовления наружных ограждений повышенной утепленности.

Организовать централизованное специализированное производство металлических форм для изготовления панелей.

Необходимо улучшить качество герметиков и уплотняющих материалов.

Расширить производство теплозащитных (селективных) стекол для обеспечения нужд строительства. Ориентировочная потребность в теплозащитных стеклах для жилищного строительства 10 млн м².

Организовать производство цельноформованных вкладышей из пенополистирола для утепления стыков панелей наружных стен.

Изготовить столярные изделия из древесины с нормативной влажностью в строгом соответствии с требованиями ГОСТ; притворы уплотнять прокладками из пенополиуретана и снабжать их фурнитурой повышенного качества. Следует также начать внедрение в строительство жилых домов металлических оконных переплетов, гарантирующих долговечность и герметичность.

Улучшить качество приборов для закрывания входных дверей (доводчиков).

Расширить номенклатуру, улучшить качество оборудования и изделий для инженерных систем зданий и организовать массовый выпуск:

- труб, фитингов и запорно-регулирующей арматуры малых диаметров;

- надежно действующих кранов для ручной регулировки теплоотдачи нагревательных приборов, индивидуальных автоматических терморегуляторов, тепломеров, приборов для центрального и местного регулирования теплоподдачи в системы отопления и диспетчеризации управления работой тепловых пунктов;

- малошумных бесфундаментных циркуляционных насосов, электронагревателей различной емкости, газовых генераторов тепла и воздушно-отопительных агрегатов для квартирных систем отопления, вентиляторных конвекторов;

- изделий из высокоэффективных материалов для изоляции трубопроводов, прокладываемых в неотопляемом объеме зданий.

Отсутствие этого оборудования и изделий исключает возможность существенного прогресса в области совершенствования схемных решений и повышения экономической, эстетической и тепловой эффективности систем отопления.

Расширить номенклатуру и улучшить качество выпускаемых нагревательных приборов.

Организовать массовое производство малошумных вентиляторов и электродвигателей (агрегатов) для обеспечения систем приточно-вытяжной вентиляции в жилых зданиях, возводимых в районах Крайнего Севера.

Организовать выпуск комплектов оборудования и приборов автоматического управления системами противодымной защиты многоэтажных зданий.

Для улучшения качества строительства и повышения тепловой эффективности жилых зданий Госплану СССР следует предусмотреть в планах соответствующих министерств производство в достаточном количестве строительных материалов, изделий и оборудования,

необходимых для полного обеспечения возрастающих потребностей массового жилищного

строительства в новых материалах и оборудовании. Применение новых эффективных материалов и доброкачественного оборудования даст возможность улучшить качество жилищного строительства, повысить тепловую эффективность жилых зданий и уменьшить расходы топлива на бытовое теплоснабжение.

- по улучшению качества монтажа и эксплуатации зданий и систем отопления и вентиляции:

Шире использовать права авторского надзора за строительством жилых зданий и монтажом систем инженерного оборудования.

Обращать особое внимание на качество заделки не только стыков панелей наружных стен, но и всех внутренних связей (внутренних стен, перекрытий, вентиляционных блоков, уплотнение притворов окон и входных дверей в квартиры, тщательность поэтажного диафрагмирования мест прокладки инженерных коммуникаций, заделку открытых торцов труб вводов в квартиры электро- и слаботочных сетей), т. к. несоблюдение этих требований проекта влечет перетекание воздуха из нижних этажей в верхние, нарушает тепловой и воздушный режим, снижает эффективность дымозащиты, способствует распространению инфекций, грызунов и насекомых.

При сдаче дома в эксплуатацию систему отопления проверять на тепловой эффект, а производительность вытяжных вентиляционных каналов замерять анемометром.

Ввести обязательное трехлетнее гарантийное обслуживание зданий строительными организациями, а систем инженерного оборудования – монтажными организациями.

Приемку и обслуживание систем отопления в процессе эксплуатации зданий вменить в обязанность теплоснабжающим организациям, вне зависимости от ведомственной принадлежности зданий.

1.3 Показатели энергоэффективности зданий

Энергетическая эффективность становится все более важным приоритетом в политике многих стран мира. Широко признается, что она является наиболее экономичным и доступным средством решения многих проблем энергообеспечения, включая энергетическую безопасность, социально-экономические последствия высоких цен на энергию и озабоченность изменением климата. В то же время, энергоэффективность повышает конкурентоспособность и содействует росту благосостояния потребителей.

В современном Федеральном законе Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" [1] понятие энергетической эффективности является характеристикой отношения полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю. В свою очередь энергосбережение – реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего

полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг) [5].

Исходя из определений, энергосбережение является частным случаем мер по повышению энергоэффективности, в результате которого затраты, вызывающие полезный эффект уменьшаются, уменьшается знаменатель в формуле, и соответственно, растет энергоэффективность.

Энергетический ресурс носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии).

Класс энергетической эффективности характеристика продукции, отражающая ее энергетическую эффективность [5].

Под данным термином понимается энергетическая эффективность строения или оборудования в процессе его эксплуатации. Информация этого порядка обычно включается в паспорт энергоэффективности здания или оборудования.

Удельное энергопотребление зданий будет рассчитываться на основании энергопотребления, которое фиксируется общедомовыми приборами учета, а затем будет корректироваться – приводиться к нормированным условиям. Это Минэнерго России просило уточнить в своих замечаниях, что и было нами реализовано. Процедура пересчета учитывает фактические климатические показатели (погодные условия), фактическое количество жителей и прочее.

Но все же база расчета удельных показателей – данные приборов учета. Принимая такой подход, Минстрой России преследует несколько целей, в том числе стимулирование установки приборов учета, что позволит получать корректную информацию о количестве потребленных ресурсов. Если предполагается присвоить зданию какой-то класс энергоэффективности,

необходимо в обязательном порядке поставить общедомовой прибор учета и уже на основании его показаний определять энергоэффективность многоквартирного дома.

На сегодняшний момент применяется семь классов энергетической эффективности зданий (таблица 2). Они обозначаются латинскими буквами от «А» до «G», где «А» - это самый высокий показатель, а «G» - самый низкий из всех имеющихся. В последние годы отдельно определены и подклассы. Для категорий «А» и «В» существуют два вида подклассов: «+» и «++». Все современные приборы и различные объекты должны иметь маркировку, обозначающую класс энергоэффективности. Ставится она производителем или комиссией, принимающей проектную документацию на здание промышленного либо жилого назначения. Расчеты и определение класса энергоэффективности здания происходят по определенной методике. Она учитывает отклонения по нормативным и удельным величинам, при этом стоит иметь в виду и базовые величины. Расчет энергоэффективности здания жилого и промышленного объекта всегда начинается с определения базового уровня. За него принято брать класс «С».

Таблица 2 – Классы энергетической эффективности

Обозначение класса энергетической эффективности	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, %
A++	Близкий к нулевому	–75 включительно и менее
A+	Высочайший	От –60 включительно до –75
A	Очень высокий	От –45 включительно до –60
B	Высокий	От –30 включительно до –45
C	Повышенный	От –15 включительно до –30
D	Нормальный	От 0 включительно до –15

E	Пониженный	От +25 включительно до 0
F	Низкий	От +50 включительно до +25
G	Очень низкий	Более +50

Класс энергетической эффективности должен присваиваться многоквартирным домам в новом строительстве в обязательном порядке, а существующим – в добровольном, как это и записано в федеральном законе №

261 ФЗ. Хотя Минстрой России рассматривает вопрос о рекомендации региональным жилищным инспекциям, после того как в Государственной информационной системе ЖКХ (ГИС ЖКХ) будут отображаться все показания приборов учета, дать возможность органам местного самоуправления присваивать класс энергоэффективности многоквартирного дома в инициативном порядке.

При вводе зданий в эксплуатацию класс энергоэффективности присваивается также по показаниям приборов учета, причем расчет ведется по ускоренной методике. Поскольку в первые годы эксплуатации новых зданий энергопотребление отличается от энергопотребления при обычной эксплуатации (из-за сушки бетона, частичной заселенности и т. д.), энергопотребление необходимо подтверждать. В проекте приказа есть обязательства по подтверждению класса энергоэффективности через 5 лет для новых домов. Ответственность застройщика сохраняется на этот период – на гарантийный срок для многоквартирных домов. До окончания гарантийного срока должно быть проведено подтверждение класса энергетической эффективности здания. Если будут обнаружены значительные отклонения, то собственники могут потребовать от застройщика устранить указанные расхождения.

Согласно закону № 261 ФЗ, при высоком классе энергоэффективности здания срок сохранения показателей энергопотребления – 10 лет. К высокому

классу энергоэффективности относятся здания с маркировкой выше «В» («В», «А», «А+», «А++») [1].

1.4 Способы регулирования режимов теплоснабжения

Автоматизация систем теплоснабжения включает регулирование и стабилизацию параметров, управление работой оборудования и агрегатов, контроль и измерение параметров, учет расхода отпускаемых и потребляемых ресурсов, телемеханизацию управления контроля и измерения. Комплекс средств автоматического регулирования отпуска теплоты в системе теплоснабжения предусматривает ступени:

- центрального регулирования в источнике теплоты, это ТЭЦ и котельные;
- группового регулирования в центральных тепловых пунктах (ЦТП), узлах распределения;
- местного общедомового регулирования или местного, зонного, регулирования в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП) при наличии зонного разделения систем отопления здания;
- индивидуального регулирования у нагревательных приборов в помещениях здания.

Регулирование отпуска теплоты в ступенях может осуществляться с применением следующих автоматических систем:

- регулирования температуры теплоносителя на отопление в зависимости от метеорологических параметров по заданному температурному графику (регулирование «по возмущению»);
- регулирования температуры теплоносителя в зависимости от температуры воздуха в помещениях (регулирование «по отклонению»);

- комбинированного регулирования «по возмущению» и «по отклонению».

Выбор рационального комплекса ступеней регулирования отпуска теплоты производится в зависимости от структуры распределительных тепловых сетей, наличия зонного разделения системы отопления здания и средств индивидуального регулирования в помещениях. Указанные структуры сетей отличаются числом трубопроводов и размещением водонагревателей или смесительных устройств горячего водоснабжения. Технические решения по автоматизации регулирования отпуска теплоты в различных ступенях регулирования гидравлических режимов работы, управления оборудованием и защиты тепловых сетей и потребителей связаны с автоматизацией ТП, насосных станций и защитой тепловых сетей.

Для ступени центрального регулирования рациональный режим отпуска теплоты выбирают с учетом типа теплоисточника, вида тепловой нагрузки и степени охвата ТП автоматизацией регулирования отпуска теплоты на отопление. В целях экономии ресурсов в источниках теплоты широко применяют центральное регулирование по скорректированному графику температур, а в ТП выбирают такую схему присоединения водонагревателя горячего водоснабжения, чтобы обеспечить работу установок отопления и горячего водоснабжения по режиму связанного регулирования. В этом случае суммарная тепловая нагрузка ТП выравнивается за счет теплоаккумулирующей способности строительных конструкций отапливаемых зданий. При указанных режимах комплексная автоматизация систем теплоснабжения обеспечивает существенное снижение расчетного расхода сетевой воды в магистральных тепловых сетях и уменьшение потерь [5].

На ТП производится регулирование двух видов тепловой нагрузки: горячего водоснабжения и отопления.

Для обоих видов тепловой нагрузки АСР должна поддерживать неизменными заданные значения температуры воды горячего водоснабжения и воздуха в отапливаемых помещениях.

Отличительной особенностью регулирования отопления является его большая тепловая инерционность, тогда как инерционность системы горячего водоснабжения значительно меньше. Поэтому задача стабилизации температуры воздуха в отапливаемом помещении значительно сложнее, чем задача стабилизации температуры горячей воды в системе горячего водоснабжения.

Основными возмущающими воздействиями являются внешние метеоусловия: температура наружного воздуха, ветер, солнечная радиация.

Для метода регулирования по возмущению в качестве сигналов, позволяющих отслеживать наружную температуру, могут быть выбраны:

- температура воды, поступающей в систему отопления;
- количество теплоты, поступающее в систему отопления;
- расход теплоносителя.

АСР должна учитывать следующие режимы работы системы централизованного теплоснабжения, при которых:

- регулирование температуры воды на теплоисточнике не ведется по текущей наружной температуре, которая является основным возмущающим фактором для внутренней температуры. Температура сетевой воды на теплоисточнике определяется по температуре воздуха за длительный период с учетом прогноза и располагаемой тепловой мощности оборудования. Транспортное запаздывание, измеряемое часами, также приводит к несоответствию у абонента температуры сетевой воды текущей наружной температуре;

- гидравлические режимы тепловых сетей требуют ограничения максимального, а иногда и минимального расходов сетевой воды на тепловую подстанцию;

- нагрузка горячего водоснабжения оказывает существенное влияние на режимы работы отопительных систем, приводя к переменным в течение суток температурам воды в системе отопления или расходам сетевой воды на систему отопления в зависимости от вида системы теплоснабжения, схемы присоединения подогревателей горячего водоснабжения и схемы отопления.

Для системы регулирования по возмущению характерно то, что:

- существует устройство, измеряющее величину возмущения;
- по результатам измерений регулятор осуществляет управляющее воздействие на расход теплоносителя;
- на регулятор поступает информация о температуре внутри помещения;
- основное возмущение – температура наружного воздуха, которая контролируется АСР, поэтому возмущение будет называться контролируемым.

Варианты схем регулирования по возмущению при указанных выше отслеживающих сигналах:

- регулирование температуры воды, поступающей в систему отопления по текущей температуре наружного воздуха;
- регулирование расхода теплоты, подаваемой в систему отопления по текущей температуре наружного воздуха;
- регулирование расхода сетевой воды по температуре наружного воздуха.

Независимо от способа регулирования АСР теплоснабжения должна содержать следующие основные элементы:

- первичные измерительные устройства – датчики температуры, расхода, давления, перепада давления;
- вторичные измерительные устройства;
- исполнительные механизмы, содержащие регулирующие органы и приводы;
- микропроцессорные регуляторы;
- нагревательные приборы (бойлеры, калориферы, радиаторы).

Автоматические регуляторы являются средством автоматизации, получающим, усиливающим и преобразующим сигнал отключения регулируемой величины и целенаправленно воздействующее на объект регулирования.

В настоящее время применяют цифровые регуляторы на базе микропроцессоров. При этом в одном микропроцессорном контроллере реализуются несколько регуляторов для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Большинство отечественных и зарубежных контроллеров для систем теплоснабжения обладают одинаковыми функциональными возможностями:

1. в зависимости от температуры наружного воздуха регулятор обеспечивает необходимую температуру теплоносителя на отопление здания по отопительному графику, управляя регулирующим клапаном с электроприводом, установленным на трубопроводе теплосети;

2. автоматическая корректировка отопительного графика производится в соответствии с потребностями конкретного здания. Для наибольшей эффективности сбережения тепла график подачи постоянно корректируется с учетом реальных условий теплопункта, климата, теплопотерь помещения;

3. экономия теплоносителя в ночное время достигается за счет временного метода регулирования. Изменение задания на частичное

снижение теплоносителя зависит от наружной температуры так, чтобы, с одной стороны уменьшить потребление тепла, с другой, не проморозить и утром вовремя прогреть помещение. При этом автоматически рассчитывается момент включения дневного режима отопления, или интенсивного прогрева для достижения нужной температуры помещения в нужное время;

4. контроллеры позволяют осуществлять обеспечение возможно низкой температуры возвращаемой воды. При этом предусматривается защита системы от замораживания;

5. производится автоматическая корректировка, заданная в системе горячего водоснабжения. Когда потребление в системе горячего водоснабжения невелико, допустимы большие отклонения в температуре (увеличение зоны нечувствительности). При этом шток клапана не будет меняться слишком часто, и срок его службы продлится. При увеличении нагрузки зона нечувствительности автоматически уменьшается, и точность регулирования возрастает;

6. срабатывает сигнализация превышения уставок. Обычно вырабатываются следующие сигналы тревоги:

- сигнал тревоги по температуре, в случае отличия реальной от заданной температуры;
- сигнал тревоги от насоса поступает в случае сбоя в работе;
- сигнал тревоги от датчика давления в расширительном баке;
- сигнал тревоги по сроку эксплуатации поступает, если оборудование отработало установленный срок;
- сигнал общей тревоги — если контроллер зарегистрировал один или более сигналов тревоги;

7. ведется регистрация параметров регулируемого объекта и передача его на ЭВМ.

Регулирующий орган – одно из звеньев автоматических систем регулирования, предназначенных для непосредственного воздействия на объект регулирования. Головное устройство состоит из исполнительного механизма и регулирующего органа.

В автоматических системах регулирования теплоснабжения применяются электрические (электромагнитные и электродвигательные) регулирующие органы.

Регулирующий орган предназначен для изменения расхода вещества или энергии в объекте регулирования. Различают дозирующие и дроссельные регулирующие органы. К дозирующим относятся такие устройства, которые изменяют расход вещества за счет изменения производительности агрегатов (дозаторы, питатели, насосы).

Дроссельные регулирующие органы представляют собой переменное гидравлическое сопротивление, изменяющее расход вещества за счет изменения своего проходного сечения. К ним относятся регулирующие клапаны, элеваторы, повторные заслонки, краны и т.д.

Регулирующие органы характеризуются многими параметрами, основными из которых являются: пропускная способность, условное давление, перепад давления на регулирующем органе, и условный проход.

Кроме приведенных параметров регулирующего органа, определяющих в основном их конструкцию и размеры, имеются и другие характеристики, которые учитываются при выборе регулирующего органа в зависимости от конкретных условий их применения.

Наиболее важной является пропускная характеристика, которая устанавливает зависимость пропускной способности относительно перемещения затвора при постоянном перепаде давления.

Дроссельные регулирующие клапана профилируются с линейной или равнопроцентной пропускной характеристикой.

При линейной пропускной характеристике приращение пропускной способности происходит пропорционально приращению перемещения затвора.

При равнопроцентной пропускной характеристике приращение пропускной способности (при изменении перемещения затвора) идет пропорционально текущему значению пропускной способности.

В рабочих условиях вид пропускной характеристики изменяется в зависимости от перепада давления на клапане.

Во многих случаях автоматизации производственных процессов регулирующей орган должен иметь широкий диапазон изменения пропускной способности, который представляет собой отношение условной пропускной способности к минимальной пропускной способности.

Необходимым условием надежной работы автоматической системы регулирования является правильный выбор формы пропускной характеристики регулирующего клапана.

При модернизации систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения заданы размеры типовой сети, располагаемый напор и первоначальное давление среды, регулирующей орган выбирают так, чтобы при минимальном расходе через клапан потеря в нем соответствовала избыточному давлению среды, развиваемому источником, а форма расходной характеристики была близка к заданной.

Независимо от схемы присоединения тепловой нагрузки в контуре системы отопления устанавливают циркуляционный насос.

Он состоит из регулятора скорости, электродвигателя и насоса. Современный циркуляционный насос – это бессальниковый насос с мокрым ротором, не требующий технического ухода. Управление двигателя осуществляется электронным регулятором числа оборотов, предназначенным

для оптимизации производительности насоса, работающего в условиях повышенных внешних возмущений, действующих на отопительную систему.

Действие циркуляционного насоса основано на зависимости напора от производительности насоса и имеет квадратичный характер.

Важнейшими элементами теплоснабжения являются теплообменники. Они используются для горячего водоснабжения, отопления и вентиляции.

В настоящее время используются пластинчатые теплообменники, которые отличаются повышенной эффективностью за счет улучшения теплообмена между пластинами, в которых противоточно проходят турбулентные потоки теплоносителя.

Прокладки, установленные специальным образом, обеспечивают распределение жидкостей по соответствующим каналам, исключая возможность смешивания потоков. Тип гофров на пластинах и конфигурацию канала выбирают в соответствии с требуемой величиной свободного прохода между пластинами, обеспечивая тем самым оптимальные условия процесса теплообмена.

Пластинчатый теплообменник состоит из комплекта гофрированных металлических пластин с отверстиями в углах для прохода двух жидкостей. Каждая пластина оборудована прокладкой, которая ограничивает пространство между пластинами и обеспечивает ток жидкостей в этом канале. Расход теплоносителей, физические свойства жидкостей, потери давления и температурный режим определяют количество и размер пластин. Их гофрированная поверхность способствует повышению турбулентного потока. Соприкасаясь в пересекающихся направлениях, гофры поддерживают пластины, которые находятся в условиях разного давления со стороны обоих теплоносителей. Чтобы изменить пропускную способность (повысить тепловую нагрузку), необходимо добавить в пакет теплообменника определённое количество пластин.

Температурный режим здания как объект регулирования

При описании технологических процессов теплоснабжения используют расчетные схемы статики, описывающие установившиеся состояния, и расчетные схемы динамики, описывающие переходные режимы.

Расчетные схемы системы теплоснабжения определяют связи между входными и выходными воздействиями на объект регулирования при основных внутренних и внешних возмущениях.

Для многоэтажных гражданских зданий производится локализация части здания, для которой ведется расчет. Так как температурный режим в здании изменяется в зависимости от этажа, горизонтальной планировки помещений, то расчет температурного режима производится для одного или нескольких наиболее благоприятно расположенных помещений.

Расчет конвективного теплообмена в помещении выводится из предположения, что температура воздуха в каждый момент времени одинакова во всем объеме помещения.

При определении теплоотдачи через наружные ограждения предполагается, что ограждение или его характерная часть имеют в плоскостях, перпендикулярных направлению потока воздуха, одинаковую температуру. Тогда процесс теплопередачи через наружные ограждения будет описываться одномерным уравнением теплопроводности. Наружные климатические параметры являются значимым элементом, потому что:

а) если производить расчеты температурного режима помещений при экстремальных значениях показателей наружного климата, возможных в данном районе, то теплозащита ограждений и мощность системы регулирования микроклимата обеспечат устойчивое выдерживание заданных условий;

б) если принять более мягкие требования, то в помещении в некоторые моменты времени будут наблюдаться отклонения от расчетных условий.

Поэтому при назначении расчетных характеристик наружного климата обязателен учет обеспеченности внутренних условий.

Основные возмущающие факторы, действующие на объект регулирования (помещение).

Теплота, поступающая от источника тепла, выполняет функции управляющего воздействия для поддержания температуры помещения на выходе объекта. Наружная температура, скорость ветра, солнечная радиация, внутренние потери теплоты – являются возмущающими воздействиями. Они являются функциями времени и носят случайный характер. Проблема заключается в том, что процессы теплообмена нестационарны и описываются дифференциальными уравнениями в частных производных.

В настоящее время исследования сложных нелинейных систем осуществляются методами математического моделирования. Применение вычислительной техники для исследования динамики процесса отопления помещения и возможных методов регулирования является эффективным и удобным инженерным методом. Эффективность моделирования состоит в том, что динамику сложной реальной системы можно исследовать с помощью сравнительно простых прикладных программ. Математическое моделирование позволяет исследовать систему при непрерывно изменяющихся ее параметрах, а также возмущающих воздействиях. Использование моделирующих пакетов программ для исследования процесса отопления является особенно ценным, так как исследование аналитическими методами оказывается очень трудоемким и совершенно непригодным.

Внедрение АСР теплоснабжения в жилых зданиях

Система отопления оборудуется микропроцессорным регулятором температуры воды контура отопления здания (внутреннего контура) в комплекте с датчиками температуры и регулирующим клапаном с электроприводом. В зависимости от температуры наружного воздуха

регулирующий прибор обеспечивает необходимую температуру теплоносителя на отопление здания по отопительному графику, управляя регулирующим клапаном с электроприводом, установленным на прямом трубопроводе из теплосети. Для ограничения по максимуму температуры обратной воды, возвращаемой в теплосеть, предусмотрен ввод в микропроцессорный регулятор сигнала с датчика температуры, установленного на трубопроводе обратной воды в теплосеть. Микропроцессорный регулятор выполняет защиту системы отопления от замерзания. Для поддержания постоянного перепада давления на регулирующем клапане температуры предусмотрен регулятор перепада давления.

Для автоматического регулирования температуры воздуха в помещениях здания в проекте предусмотрены терморегуляторы на отопительных приборах. Терморегуляторы обеспечивают комфорт и экономят теплоэнергию.

Для поддержания постоянного перепада давления между прямым и обратным трубопроводом системы отопления устанавливается регулятор перепада давления.

Для автоматического регулирования работы теплообменника устанавливается автоматический регулятор температуры на греющей воде, который меняет подачу греющей воды в зависимости от температуры нагреваемой воды, поступающей в систему ГВС.

Регулятор может ограничить значение температуры обратном воды из циркуляционного контура в следящем режиме в зависимости от температуры наружного воздуха (пропорциональное ограничение) или установить постоянное значение максимального или минимального ограничения температуры обратной воды из циркуляционного контура.

Функции, обеспечивающие комфорт и экономию тепловой энергии:

- снижение температуры в системе отопления в ночное время и зависимости от температуры наружного воздуха или согласно заданному значению снижения;
- возможность работы системы с увеличенной мощностью после каждого периода снижения температуры в системе отопления (быстрый разогрев помещения);
- возможность автоматического выключения системы отопления при определенной заданной температуре наружного воздуха (летнее отключение);
- возможность работы с различными типами механизированных приводов регулирующего клапана.

2 Нормативная документация при проектировании систем теплоснабжения

2.1 Требования к проектированию систем теплоснабжения

Тепловые сети являются одним из наиболее трудоемких и дорогостоящих элементов систем теплоснабжения. Это сложные сооружения, состоящие из соединенных между собой труб, тепловой изоляции, компенсаторов линейных температурных деформаций, подвижных и неподвижных опор, запорной и регулирующей арматуры, строительных конструкций, узлов ответвлений трубопроводов, дренажных устройств. Тепловые сети дополняют насосные и дроссельные станции, тепловые пункты.

Схемы теплоснабжения городов и промышленных районов разрабатываются на перспективу развития города или района с учетом этапов строительства тепловых сетей. Первоочередной задачей проектирования тепловых сетей является выбор трассы, конструкций теплопроводов и способа прокладки. Проектное решение принимается на основании материалов гидрогеологических изысканий и съемки местности, а также технико-экономического сравнения отдельных возможных решений с учетом последних достижений науки и техники в этой области в соответствии с требованиями.

В тепловых сетях городов и поселков для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения коммунальных систем теплоснабжения в качестве теплоносителя должна применяться вода согласно Федеральному закону "О теплоснабжении"[6].

Водяные тепловые сети выполняются двухтрубными с сочетанием подающих трубопроводов для подачи горячей воды от источников

теплоснабжения (ИТ) до систем теплоиспользования и обратных трубопроводов для возврата охлажденной в этих системах воды к ИТ для повторного подогрева. Циркуляция воды в сетях поддерживается сетевыми насосами, устанавливаемыми в ИТ, а при больших дальностях транспортировки воды, на трассах сетей.

В зависимости от принятой схемы присоединения к сетям систем горячего водоснабжения различают закрытые и открытые системы теплоснабжения. Открытые системы применяются при обеспечении ИТ от городского водопровода достаточным количеством воды, удовлетворяющим требованиям ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая» [7]. Иначе применяется закрытая система с местным подогревом водопроводной воды у потребителей.

В зависимости от назначения предусматривается подразделение тепловых сетей на три категории:

- магистральные (от ИТ до вводов в микрорайоны, кварталы или предприятия);
- распределительные (от магистральных сетей до сетей к отдельным зданиям);
- сети к отдельным зданиям в виде ответвлений от распределительных (или в отдельных случаях от магистральных) сетей до узлов присоединения к ним систем теплоиспользования отдельных зданий.

Системы централизованного теплоснабжения характеризуются следующим: источников теплоснабжения ИТ, тепловых сетей и местных систем теплопотребления отдельных зданий или сооружений. В качестве ИТ могут выступать ТЭЦ, ГЭС, котельные, атомные станции теплоснабжения и т. п.

В системах централизованного теплоснабжения ИТ располагаются в отдельно стоящих зданиях, а транспортировка теплоты от них

осуществляется по трубопроводам тепловых сетей, к которым присоединены системы теплоиспользования отдельных зданий. В большинстве централизованных систем теплоснабжения максимальная температура горячей воды принимается равной 150 °С.

В основу классификации систем теплоснабжения жилых массивов по их масштабу целесообразно положить принятое в нормах планировки и застройки городов членение территории селитебной зоны на группы соседних зданий, объединяемые в микрорайоны с численностью населения 4—6 тыс. чел. в малых городах с населением до 50 тыс. чел. и 12-20 тыс. чел. в городах остальных категорий. Предусматривается также формирование из нескольких микрорайонов жилых районов с численностью населения 25-80 тыс. чел. Соответствующие системы централизованного теплоснабжения называются групповые (квартальные), микрорайонные и районные. ИТ, обслуживающие эти системы, по одному на каждую систему, могут быть отнесены к категории групповых, микрорайонных и районных котельных. В крупных и крупнейших городах, с численностью населения 250—500 тыс. чел. нормами предусматривается объединение нескольких смежных жилых районов в планировочные районы, ограниченные естественными или искусственными рубежами. В таких городах возможно появление наиболее крупных межрайонных систем коммунального теплоснабжения.

Принятие решений о сооружении новых систем централизованного теплоснабжения, а также расширении и реконструкции существующих систем требует специальной проработки, исходя из перспектив развития соответствующих населенных пунктов на ближайший период 10-15 лет и расчетный срок эксплуатации 25-30 лет.

Нормативы требуют разработку специального предпроектного документа, а именно схемы теплоснабжения данного населенного пункта. Согласно этим нормам, должны прорабатываться несколько вариантов

технических решений систем теплоснабжения, и на основе технико-экономического сопоставления обосновывается выбор предлагаемого решения. Последующая разработка проектов ИТ и тепловых сетей должна производиться только на основе решений, принятых в утвержденной схеме теплоснабжения данного населенного пункта. Технико-экономическому выбору вариантов должно предшествовать приведение их в сопоставимый вид, а именно:

- приведение к одинаковому производственному эффекту;
- принятие оптимальных решений для каждого из сравниваемых вариантов;
- учет взаимосвязей, имеющих в народном хозяйстве, при определении экономических показателей вариантов;
- учет фактора времени при определении технико-экономических показателей;
- обеспечение тождественности учета социальных характеристик сравниваемых вариантов;
- обеспечение тождественности методик количественной оценки отдельных показателей.

Определение категорий тепловых сетей, применительно к принятой классификации систем централизованного теплоснабжения по их масштабу и контингенту обслуживаемых потребителей. В небольших системах от одного ИТ осуществляется подвод теплоты лишь к группе жилых и общественных зданий в пределах микрорайона или производственных зданий одного предприятия и все сети от таких ИТ следует рассматривать как распределительные. Такое положение характерно для использования в качестве теплоисточников групповых и микрорайонных котельных, а также промышленных, обслуживающих одно предприятие. При переходе от небольших систем к районным и межрайонным, появляется категория

магистральных тепловых сетей, к которым присоединяются распределительные сети отдельных микрорайонов или предприятий одного промышленного района.

Крупные ИТ районных и межрайонных систем централизованного теплоснабжения должны размещаться за пределами селитебной территории в целях сокращения влияния их выбросов на состояние воздушного бассейна этой зоны, а также упрощения систем подачи к ним топлива. Из-за этого появляются головные участки магистральных сетей значительной протяженности, в пределах которых отсутствуют узлы присоединения распределительных сетей. Наличие транзитных участков сетей существенно ухудшает технико-экономические показатели транспорта теплоносителя.

Деление тепловых сетей на магистральные и распределительные происходит, когда магистральные сети имеют более высокие расчетные параметры, чем принятые для присоединенных к ним распределительных сетей. Другим признаком магистральных тепловых сетей является транзит теплоты в них.

Общее направление трассы магистральных тепловых сетей следует принимать с учетом ее минимальной протяженности и прокладки в районах с наиболее плотной тепловой нагрузкой. Теплоноситель поступает из магистральных тепловых сетей в распределительные сети, по которым подается через центральные тепловые ЦТП или ИТП к теплопотребляющим установкам абонентов.

Большинство систем отопления жилых зданий в настоящее время присоединено по зависимой схеме с элеватором. Преимуществом этой схемы является ее низкая стоимость и высокая степень надежности элеватора как смесительного устройства, так как элеватор позволяет поддерживать практически постоянным коэффициент смешения, независимо от колебаний перепада давлений перед ним.

Большие возможности по регулированию систем отопления создает применение для смешения теплоносителя центробежных насосов. В концевых участках тепловой сети применяют схемы присоединения со смесительными насосами на обратной линии, так как в таких случаях часто имеется повышенное давления в обратных линиях.

При теплоснабжении высотных зданий целесообразной является схема с насосом на подающей линии, либо применяется независимая схема присоединения отопительных систем. Для этой цели разработаны бесфундаментные насосы, характеризующиеся компактностью, надежностью и малошумностью работы.

Выбор схемы присоединения систем горячего водоснабжения определяется принятой при проектировании ИТ системы теплоснабжения и ее температурным режимом. При закрытой системе теплоснабжения установки горячего водоснабжения присоединяются через поверхностные подогреватели. В этом случае подогреватели и тепловая сеть рассчитываются на максимум горячего водоснабжения.

Циркуляция в системах горячего водоснабжения при индивидуальном присоединении зданий к распределительным тепловым сетям осуществляется насосом, который располагается в помещении теплового пункта. При работе тепловой сети по отопительному графику выбор схемы присоединения следует производить на основе технико-экономического расчета путем сравнения параллельной и смешанной схем. При коротких тепловых сетях от котельных результаты технико-экономического сравнения могут быть в пользу параллельной схемы.

Чем больше мощность ИТ и радиус действия тепловых сетей, тем принципиально более сложными должны становиться схемы центральных тепловых пунктов, поскольку возрастают абсолютные давления, усложняется гидравлический режим, начинает работать транспортное запаздывание. В

схемах появляется необходимость применения подкачивающих насосов, средств защиты и сложной аппаратуры авторегулирования. Все это не только повышает стоимость сооружения центральных тепловых пунктов, но и усложняет их обслуживание. Наиболее рациональным признано сооружение центральных тепловых пунктов для группы зданий. Этот способ распространен в жилых микрорайонах с однотипными характеристиками систем отопления и горячего водоснабжения и однотипными схемами центральных тепловых пунктов.

При разработке ряда типовых проектов ЦТП в отдельно стоящих зданиях, главными элементами являются: общий подогреватель для групповой системы горячего водоснабжения с циркуляционными насосами, подкачивающие насосы водопровода, общий узел контроля и учета теплоты. Значительную долю в общих затратах по теплоснабжению жилого микрорайона составляет стоимость сооружения здания ЦТП, не зависящая от мощности ЦТП. Сооружение более крупных ЦТП снижает удельные капитальные вложения в здания, дает возможность применения более совершенных схем контроля и регулирования и снижает затраты на автоматизацию работы систем теплоснабжения в целом. Тепловая мощность ЦТП должна соответствовать тепловой нагрузке жилого микрорайона.

Основной признак децентрализованной системы теплоснабжения - отсутствие (или совсем малая протяженность) внешних тепловых сетей.

Децентрализованное горячее водоснабжение применяют в тех случаях, когда экономически нецелесообразным является сооружение централизованной системы горячего водоснабжения, например, при малом уровне тепловых нагрузок. Для такой системы водоснабжения характерно размещение установок по приготовлению горячей воды в непосредственной близости от мест ее потребления.

Достоинствами децентрализованного горячего водоснабжения являются:

- меньшие единовременные капитальные вложения;
- возможность вводить в работу оборудование по мере роста потребления теплоты.

К недостаткам такой системы можно отнести невозможность использования низкопотенциальной теплоты.

При устройстве децентрализованного горячего водоснабжения можно использовать единый ИТ для систем отопления и горячего водоснабжения. Это объясняется тем, что режим теплоснабжения систем отопления и горячего водоснабжения существенно различается. Системы отопления в течение дня имеют стабильное теплоснабжение, в то время как горячее водоснабжение характеризуется неравномерностью нагрузки с резко выраженными «пиками» в утренние и вечерние часы.

Согласно анализу, пиковое потребление теплоты системой горячего водоснабжения превышает отопительную нагрузку. Поэтому при использовании одного ИТ в период максимального водоразбора горячей воды систему отопления приходится отключать, и ИТ работает лишь для целей горячего водоснабжения. Если установить в доме теплоисточник на суммарную тепловую нагрузку отопления и горячего водоснабжения, то его установленная мощность окажется завышенной, и ИТ будет работать с пониженной экономичностью. Поэтому перспективными являются системы с отдельными источниками теплоснабжения, где для горячего водоснабжения предлагается использовать емкостные электроводонагреватели с режимом потребления электроэнергии в ночное время по льготному тарифу.

В комплексной системе централизованного теплоснабжения тепловая сеть является не только соединительным звеном между ИТ и абонентом-

потребителем, но и средством, определяющим надежность теплоснабжения, режим работы и показатели всей системы теплоснабжения в целом.

Надежное теплоснабжение потребителей первой категории, к которым относятся жилые микрорайоны, обеспечивается только при наличии резервируемых магистралей или резервирующих перемычек между магистралями.

В настоящее время проектируемые системы теплоснабжения должны рассматриваться с соблюдением комплексного подхода к решению вопросов теплоснабжения, и применения современных автоматизированных систем.

2.2 Аварийные ситуации и потери в системах теплоснабжения

Аварийные ситуации в системах теплоснабжения на данный момент регламентируются Постановлением Правительства РФ от 8 августа 2012 г. N 808 «Порядок ограничения, прекращения подачи тепловой энергии при возникновении (угрозе возникновения) аварийных ситуаций в системе теплоснабжения» и включает в себя пункты:

104. В случае возникновения (угрозы возникновения) аварийных ситуаций в системе теплоснабжения для недопущения длительного и глубокого нарушения температурных и гидравлических режимов систем теплоснабжения, санитарно-гигиенических требований к качеству теплоносителя допускается полное и (или) частичное ограничение режима потребления (далее - аварийное ограничение), в том числе без согласования с потребителем при необходимости принятия неотложных мер. В таком случае аварийное ограничение вводится при условии невозможности предотвращения указанных обстоятельств путем использования резервов тепловой мощности.

Аварийные ограничения осуществляются в соответствии с графиками аварийного ограничения.

105. Необходимость введения аварийных ограничений может возникнуть в следующих случаях:

- понижение температуры наружного воздуха ниже расчетных значений более чем на 10 градусов на срок более 3 суток;
- возникновение недостатка топлива на источниках тепловой энергии;
- возникновение недостатка тепловой мощности вследствие аварийной остановки или выхода из строя основного теплогенерирующего оборудования источников тепловой энергии (паровых и водогрейных котлов, водоподогревателей и другого оборудования), требующего восстановления более 6 часов в отопительный период;
- нарушение или угроза нарушения гидравлического режима тепловой сети по причине сокращения расхода подпиточной воды из-за неисправности оборудования в схеме подпитки или химводоочистки, а также прекращение подачи воды на источник тепловой энергии от системы водоснабжения;
- нарушение гидравлического режима тепловой сети по причине аварийного прекращения электропитания сетевых и подпиточных насосов на источнике тепловой энергии и подкачивающих насосов на тепловой сети;
- повреждения тепловой сети, требующие полного или частичного отключения магистральных и распределительных трубопроводов, по которым отсутствует резервирование.

106. Размер ограничиваемой нагрузки потребителей по расходу сетевой воды или пара определяется исходя из конкретных нарушений, происшедших на источниках тепловой энергии или в тепловых сетях, к которым подключены потребители.

Размер ограничиваемой нагрузки потребителей устанавливается теплоснабжающей организацией по согласованию с органом местного самоуправления поселения, городского округа, органом исполнительной власти городов федерального значения.

108. Графики ограничений потребителей в случае угрозы возникновения аварийной ситуации вводятся в действие единой теплоснабжающей организацией по решению органа местного самоуправления поселения, городского округа, органа исполнительной власти городов федерального значения.

109. Теплоснабжающие и теплосетевые организации обязаны информировать о введенных аварийных ограничениях и прекращении теплоснабжения соответствующие органы местного самоуправления в течение 1 суток со дня их введения. [8]

Помимо аварийных ситуаций существуют потери тепловой энергии, которые регулируются постановлением 1034 «О коммерческом учете тепловой энергии, теплоносителя»:

128. Распределение потерь тепловой энергии, теплоносителя, а также количества тепловой энергии, теплоносителя, передаваемых между тепловыми сетями теплоснабжающих организаций и теплосетевых организаций при отсутствии приборов учета на границах смежных частей тепловых сетей, производится расчетным путем следующим образом:

а) в отношении тепловой энергии, переданной (принятой) на границе балансовой принадлежности смежных тепловых сетей, расчет основывается на балансе количества тепловой энергии, отпущенной в тепловую сеть и потребленной теплопотребляющими установками потребителей (по всем организациям-собственникам и (или) иным законным владельцам смежных тепловых сетей) для всех сечений трубопроводов на границе (границах) балансовой принадлежности смежных участков тепловой сети, с учетом

потерь тепловой энергии, связанных с аварийными утечками и технологическими потерями (опрессовка, испытание), потерями через поврежденную теплоизоляцию в смежных тепловых сетях, которые оформлены актами, нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии и потерь, превышающих утвержденные значения (сверхнормативные потери);

б) в отношении теплоносителя, переданного на границе балансовой принадлежности смежных тепловых сетей, расчет основывается на балансе количества теплоносителя, отпущенного в тепловую сеть и потребленного теплопотребляющими установками потребителей, с учетом потерь теплоносителя, связанных с аварийными утечками теплоносителя, оформленных актами, нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии, утвержденных в установленном порядке, и потерь, превышающих утвержденные значения (сверхнормативные) [9].

2.3 Алгоритм расчета показателей

Во время работы были проанализированы параметры потребления тепловой энергии зданиями.

Существовала необходимость проведения анализа показаний потребления тепловой энергии зданий для определения потенциальных различий в эффективности системы отопления и возможных проблем в конструкции здания, которые могут привести к утечкам тепла. Данный анализ помог определить затраты тепловой энергии в системе отопления и доказал необходимость реконструкции ИТП.

Исходными данными являются показания приборов учёта тепловой энергии, установленного на конкретном здании и характеристики объектов, а

также СП 510.1325800.2022, «Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения».

При подборе циркуляционного насоса, контроллера, регулирующего клапана и балансировочного клапана, а также регулятора перепада давления применялся свод правил 510.1325800.2022, «Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения» [10].

При расчете расчетного расхода циркуляционного насоса, т/час, применялась формула (1):

$$G_0 = 3,6 * Q / ((t_1 - t_2) * c), \quad (1)$$

Производительность насоса, т/час рассчитывалась по формуле (2):

$$G = 1,1 * G_0(1 + u), \quad (2)$$

Где, u – коэффициент смешения, рассчитывался по формуле (3):

$$u = (t_1 - t_{01}) / (t_{01} - t_2), \quad (3)$$

Где, t_1 - температура теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети;

t_{01} - температура теплоносителя в подающем трубопроводе системы отопления;

t_2 - температура теплоносителя в обратном трубопроводе тепловой сети.

Необходимая пропускная способность полностью открытого клапана, м³/час рассчитывалась по формуле (4):

$$K_v = G / \sqrt{\Delta P} \quad (4)$$

2.4 Анализ показаний приборов учета тепловой энергии подобных зданий

В ходе работы были проанализированы параметры потребления тепловой энергии зданиями на отопление для четырех подобных объектов. По причине того, что среднесуточное потребление тепловой энергии за полный календарный год не позволяет корректно определить класс энергоэффективности здания, поскольку более точным является расчёт на основе суточных показаний, так как резкие перепады температуры влияют на класс энергоэффективности более явно.

Исходными данными для данной методики являются показания приборов учёта тепловой энергии, установленных на данных зданиях. Графики будут построены на основании реального годового потребления.

За основу методики анализа возьмем Свод Правил 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», для расчета класса энергоэффективности (Z) [11].

В первую очередь берем показания с тепловычислителя за сутки и производим перерасчет суточной тепловой энергии всего отапливаемого объема на 1 м³, потом делим на разницу наружной и внутренней температуры, а после умножаем на коэффициент перевода Гкал/сут в Вт 48495,37 по формуле (5):

$$Z = Q_{сут} / S / (T - T_{нв}) * E \quad (5)$$

Где, Q_{сут} – тепловая энергия, потребленная за сутки, Гкал;

S – отапливаемый объем здания, м³;

T – температура по СНиПу внутри здания, °C;

T_{нв} – наружная температура, суточная, °C;

E – коэффициент перевода Гкал/сут в Вт.

Коэффициент перевода Гкал/сут в Вт рассчитывается по формуле (6):

$$E = (4,19 \cdot 10^9) / 24 / 3600 = 48495,37$$

(6)

Для примера возьмем 9-ти этажные общежития, согласно Своду Правил 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию выбранных зданий должна равняться 0,319 Вт/(м³·°C).

$$Z = 5,91 / 24271 / (20 - (-2,8)) \cdot 48495,37 = 0,518 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C)}$$

(5)

После этого, вычисляем количество превышение подачи тепловой энергии на 1 м³, в сравнении с нормируемым значением и выясняем процент отклонения. В расчете по формуле (5), взято потребление тепловой энергии объектом по адресу Чернышева 5 на 01.12.23, соответственно на первое Декабря получаем «перетоп» в 0,199 Вт/(м³·°C).

На основании процентного отклонения делаем перевод в Гкал, для вычисления необходимого количества тепловой энергии, которое необходимо затратить для отопления, на 01.12.23 необходимым являлось 3,64 Гкал, а 2,268 Гкал являлось излишним «перетопом».

Также произведем расчета гидравлического сопротивления(H) системы по формуле (7):

$$H = \Delta P \cdot (V^2) \cdot 1000000$$

(7)

Где, ΔP – перепад давления между подающим и обратным трубопроводом, кгс/см²;

V – расход по подающему трубопроводу, м³.

3 Анализ полученных данных и разработка схемы реконструкции

3.1 Графическая аналитика массива данных

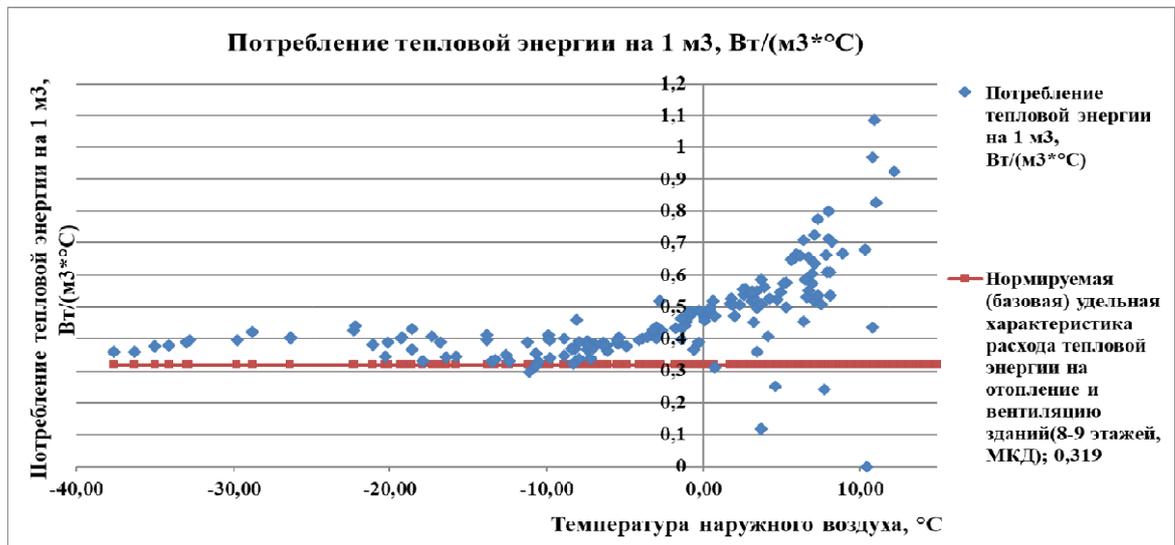


Рисунок 2 – График распределение потребления тепловой энергии на 1 м³, Вт/(м³*°С) в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Чернышева 5

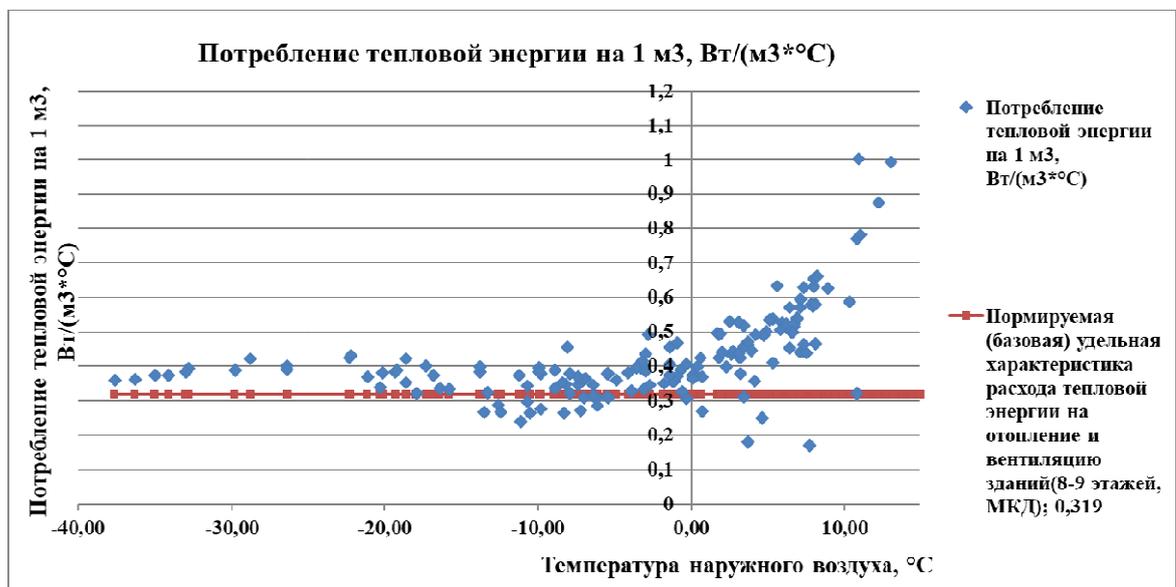


Рисунок 3 – График распределение потребления тепловой энергии на 1 м³, Вт/(м³*°С) в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Чернышева 7

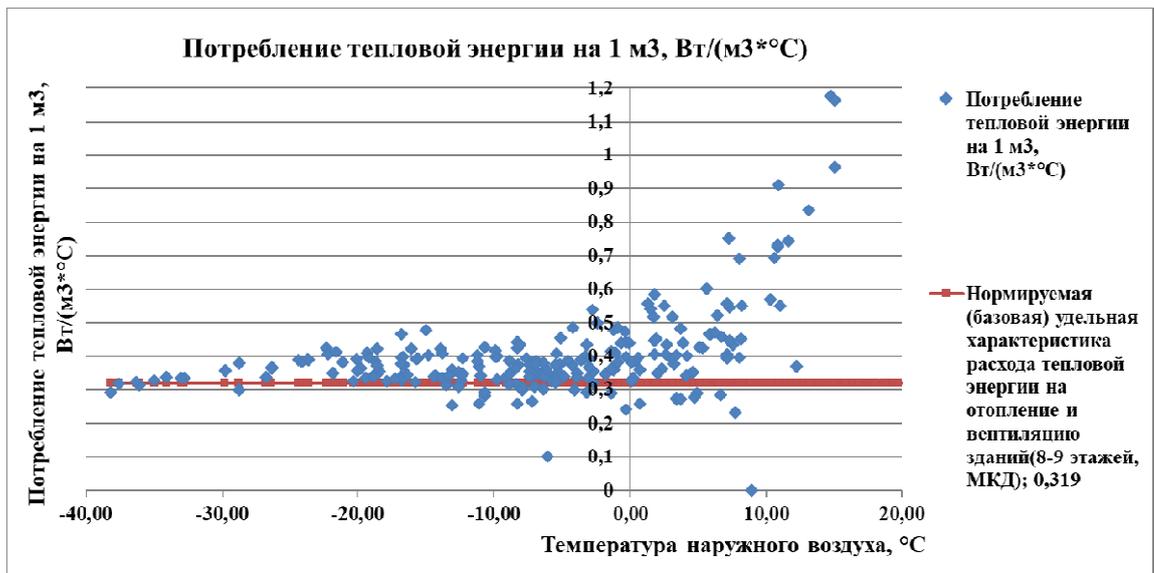


Рисунок 4 – График распределение потребления тепловой энергии на 1 м3, Вт/(м3*°С) в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Железнодорожников 13

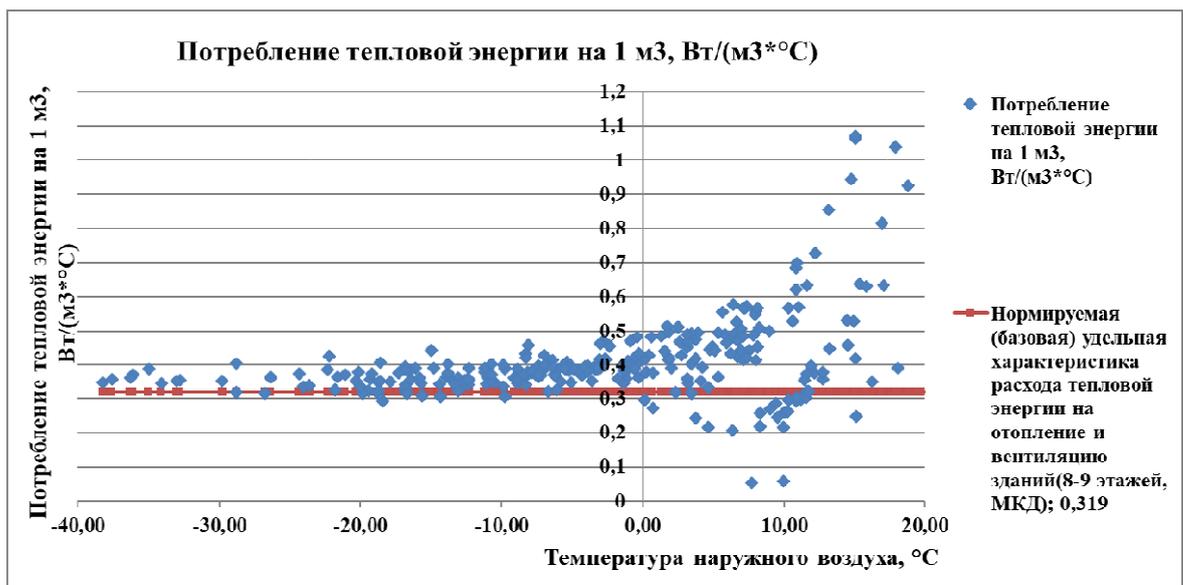


Рисунок 5 – График распределение потребления тепловой энергии на 1 м3, Вт/(м3*°С) в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Краснодарская 19

Исходя из анализа рисунков потребления тепловой энергии на 1 м3 можно заметить, что потребление тепловой энергии на 1 м3 выше, чем необходимо, так как в здании отсутствует ИТП с АСР, в связи с чем и получается «перетоп» на протяжении всего отопительного периода.

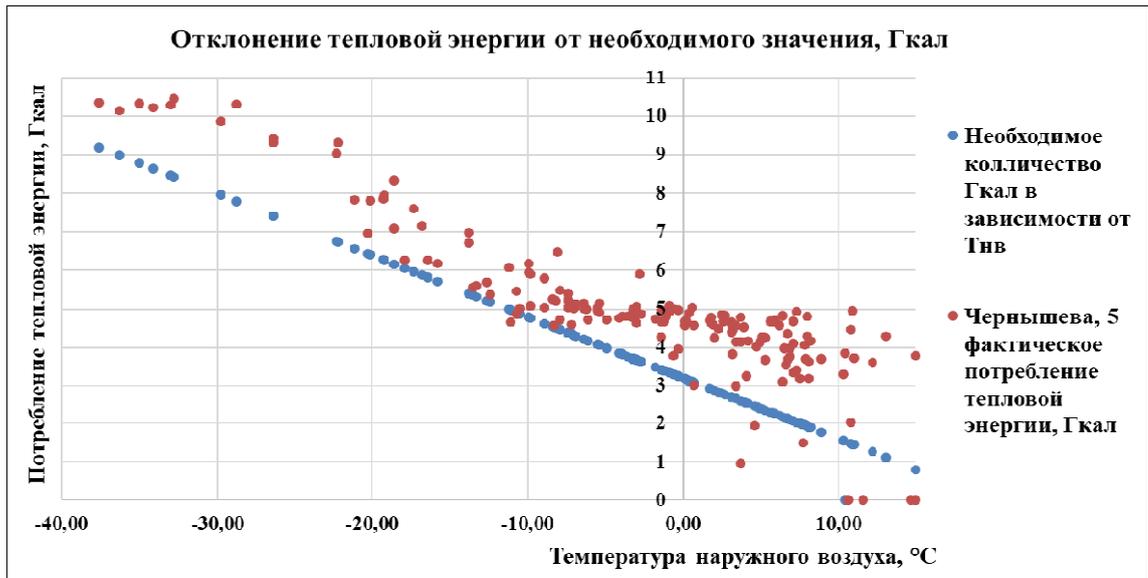


Рисунок 6 – График отклонения потребления тепловой энергии в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Чернышева 5



Рисунок 7 – График отклонения потребления тепловой энергии в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Чернышева 7

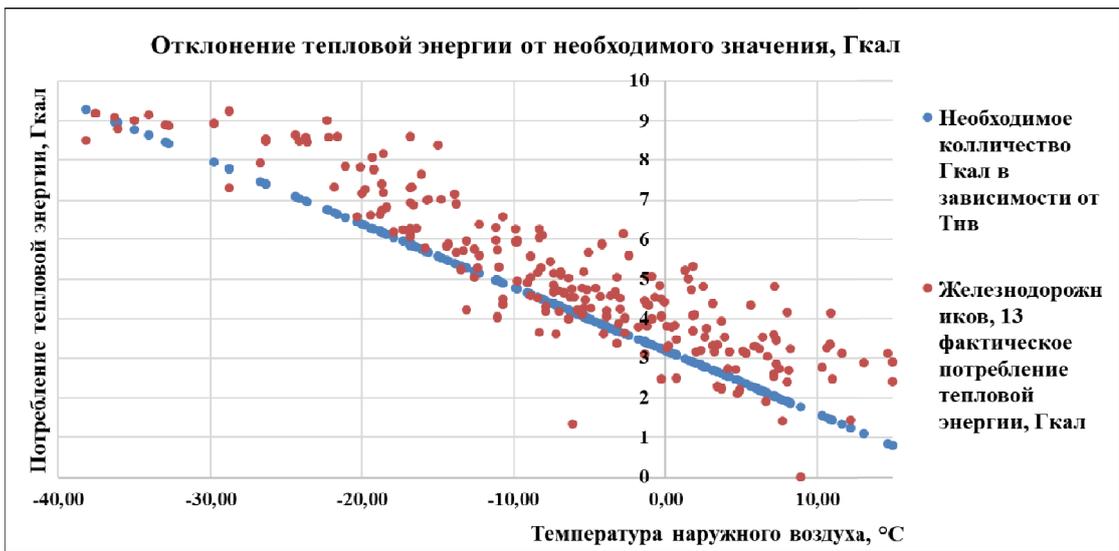


Рисунок 8 – График отклонения потребления тепловой энергии в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Железнодорожников 13

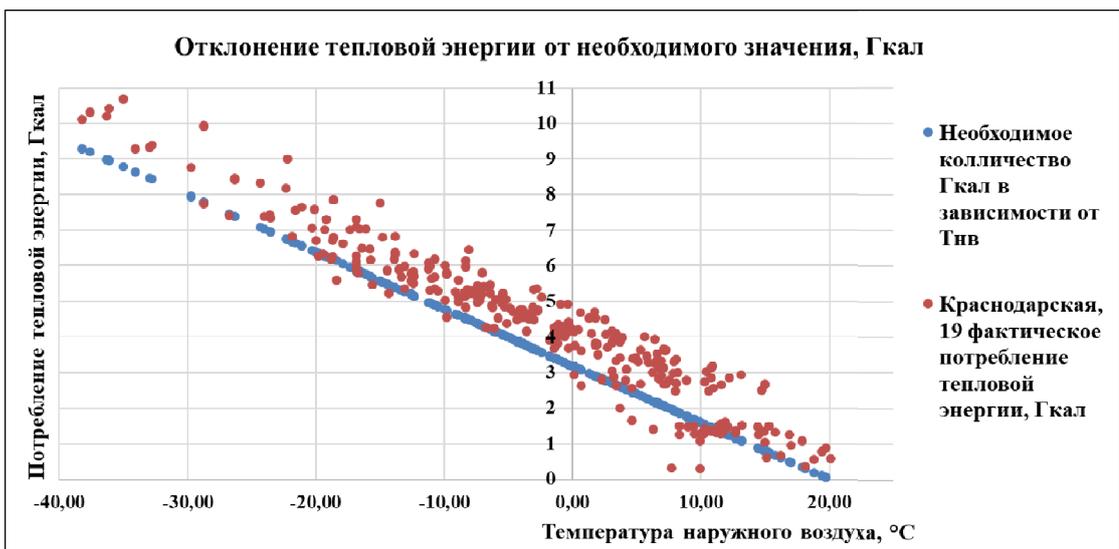


Рисунок 9 – График отклонения потребления тепловой энергии в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Краснодарская 19

По графикам 6-9 заметно, что на протяжении всего отопительного периода подаваемое количество Гкал превышает необходимое количество. «Перетопы» в зданиях свидетельствуют об неэффективном регулировании системы, а в наших случаях, о ее полном отсутствии на сетях потребителей.

Единственное регулирование, которое применяется, это регулирование на источниках подающего комплекса.

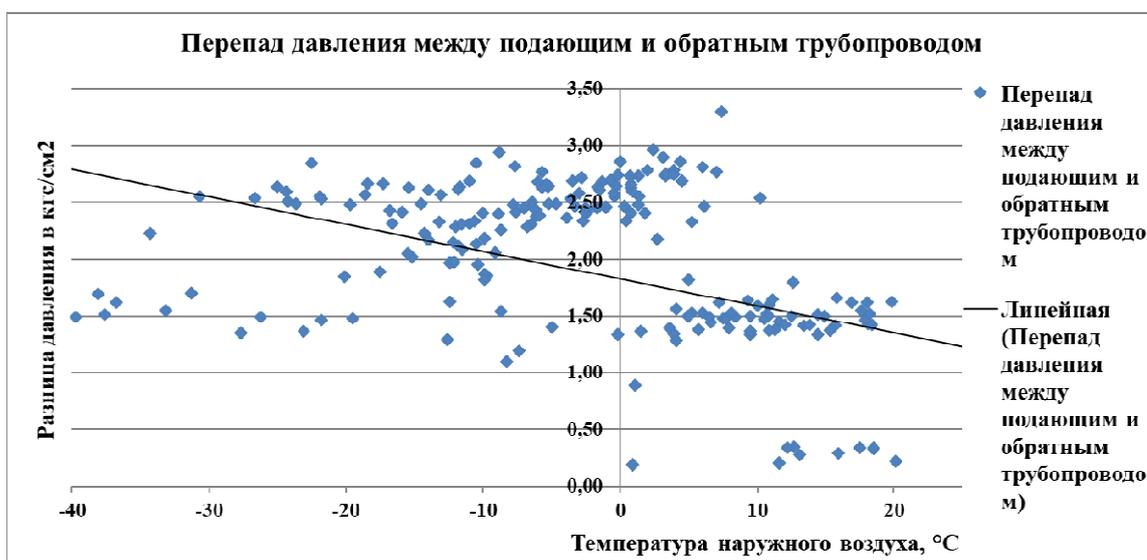


Рисунок 10 – График перепада давления в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Чернышева 5

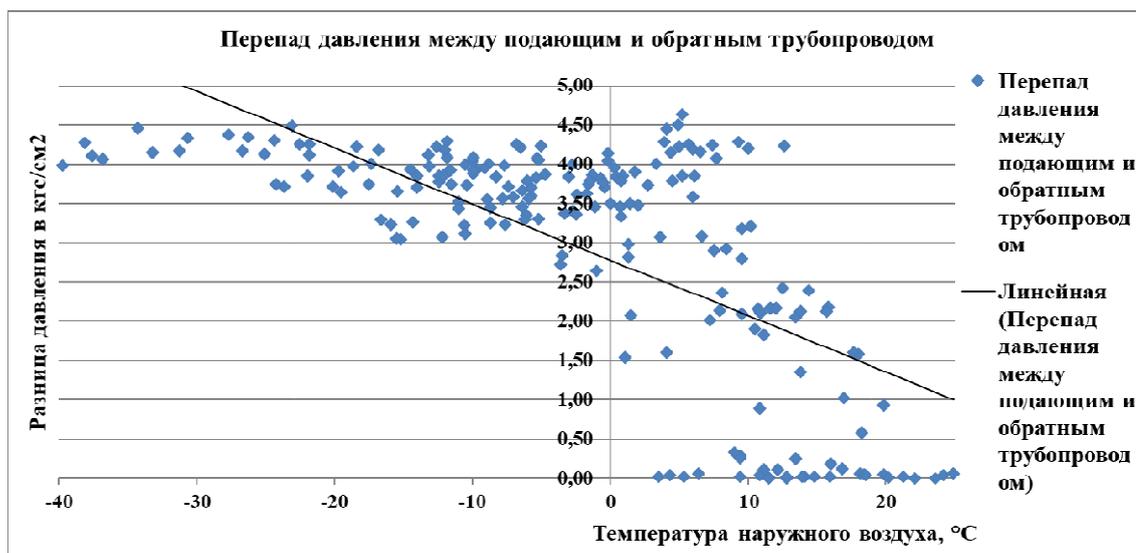


Рисунок 11 – График перепада давления в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Чернышева 7

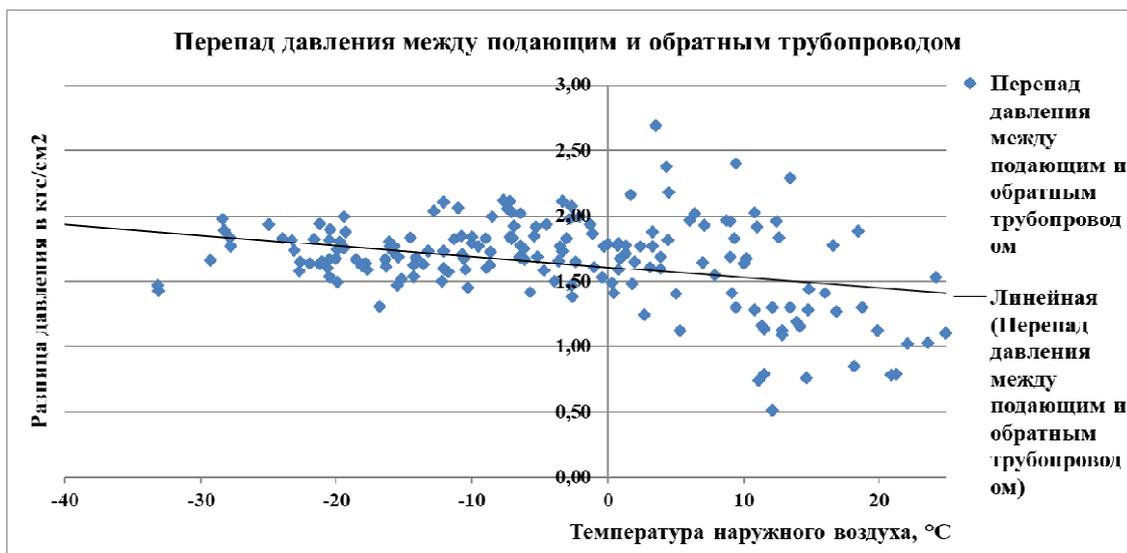


Рисунок 12 – График перепада давления в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Железнодорожников 13

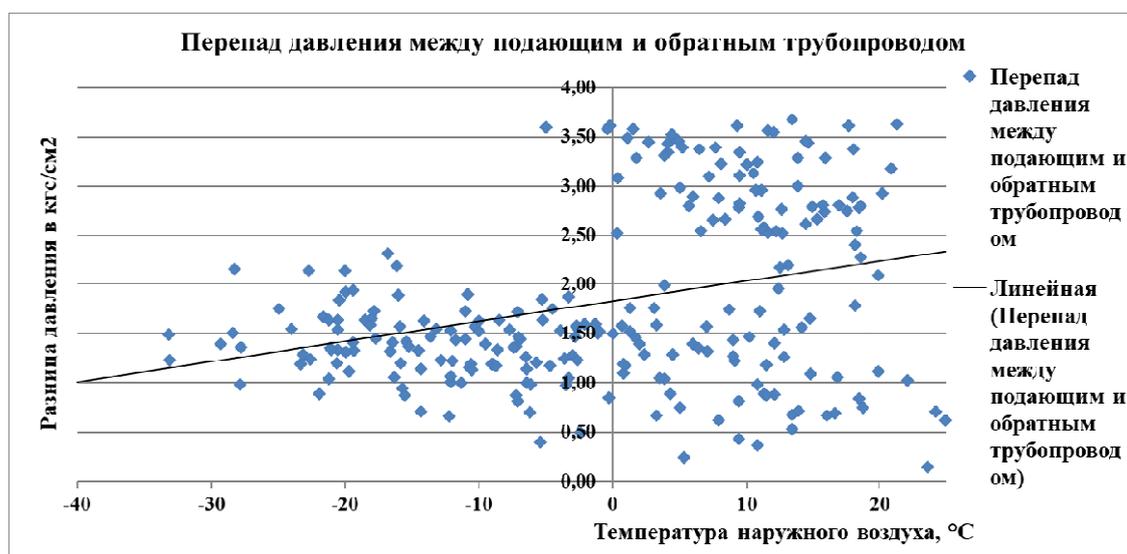


Рисунок 13 – График перепада давления в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Краснодарская 19

Исходя из анализа графиков перепада давления между подающим и обратным трубопроводом, можно заметить отсутствие линейной зависимости, что указывает на отсутствие регулировки приходящего и уходящего теплоносителя. Давление на входе и на выходе из системы должно регулироваться на системе потребителей совокупностью задвижек и клапанов с регуляторами давления. Также стоит принимать во внимание

факт износа теплопроводных сетей, который может являться фактором, влияющим на потери давления и теплоносителя в системе, при реконструкции сетей данная проблема будет устранена.

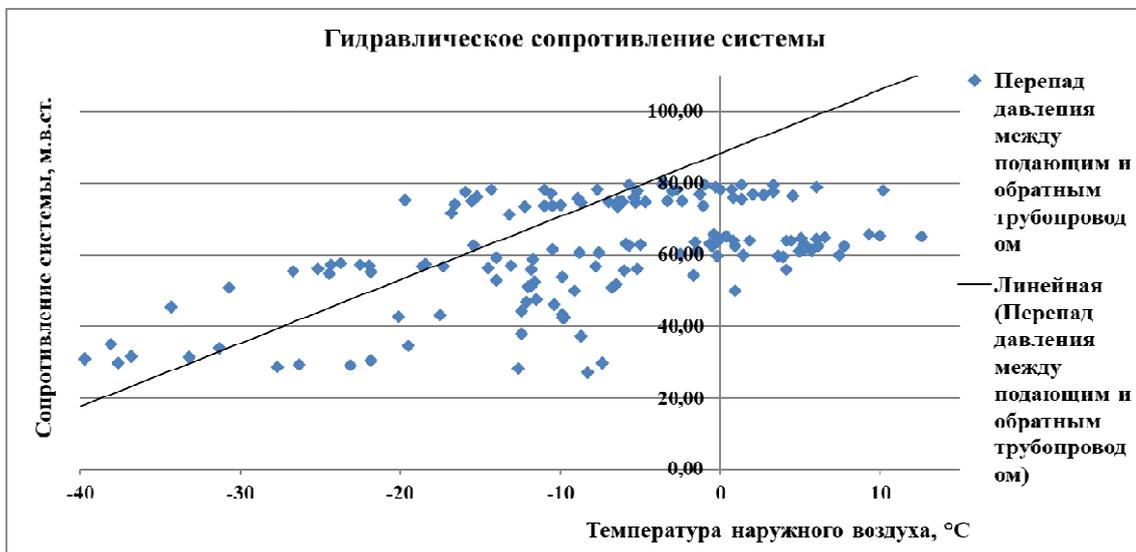


Рисунок 14 – График гидравлического сопротивления в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Чернышева 5

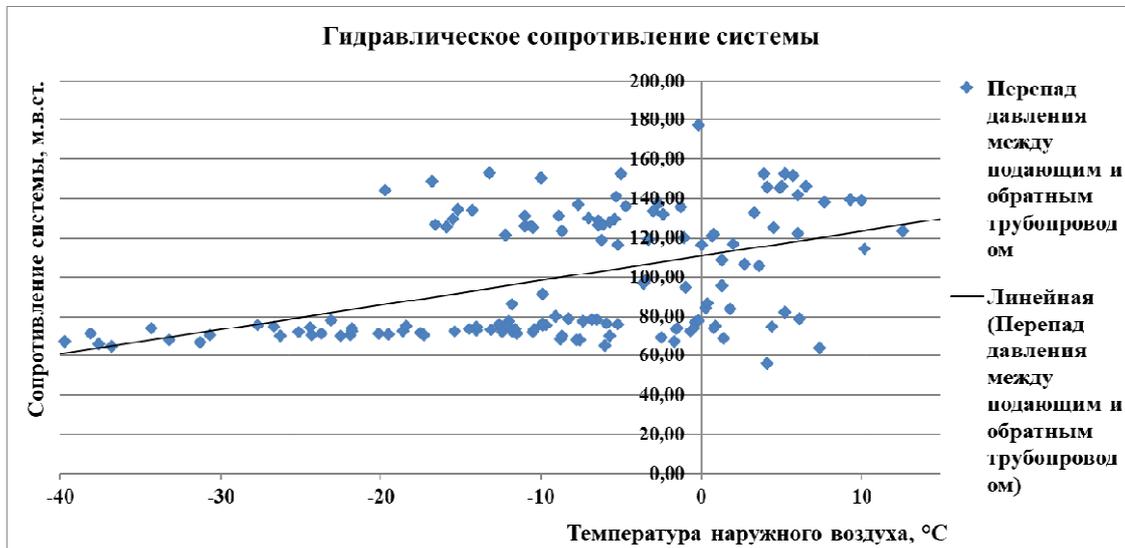


Рисунок 15 – График гидравлического сопротивления в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Чернышева 7

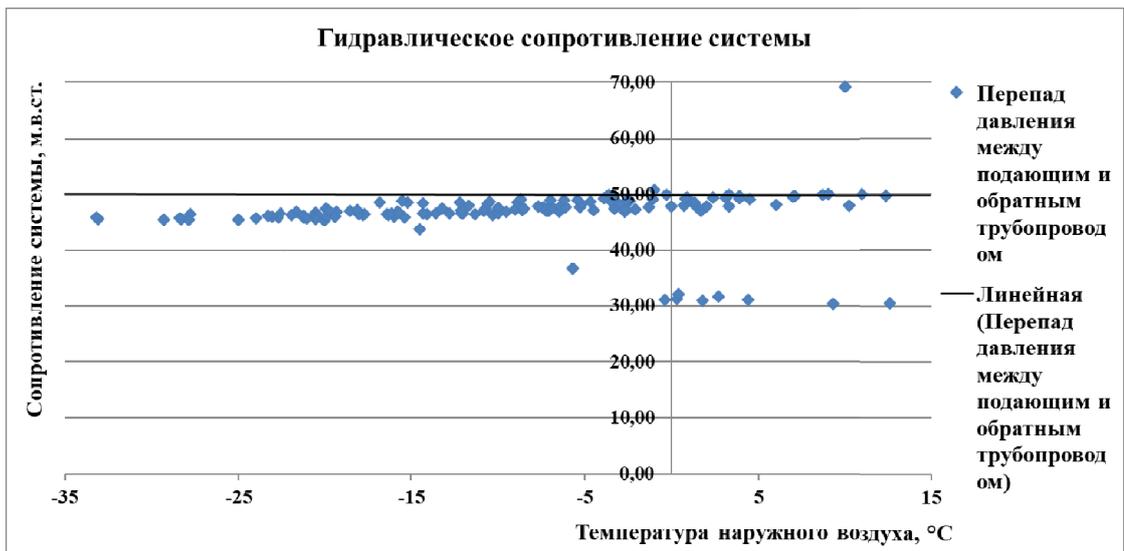


Рисунок 16 – График гидравлического сопротивления в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Железнодорожников 13

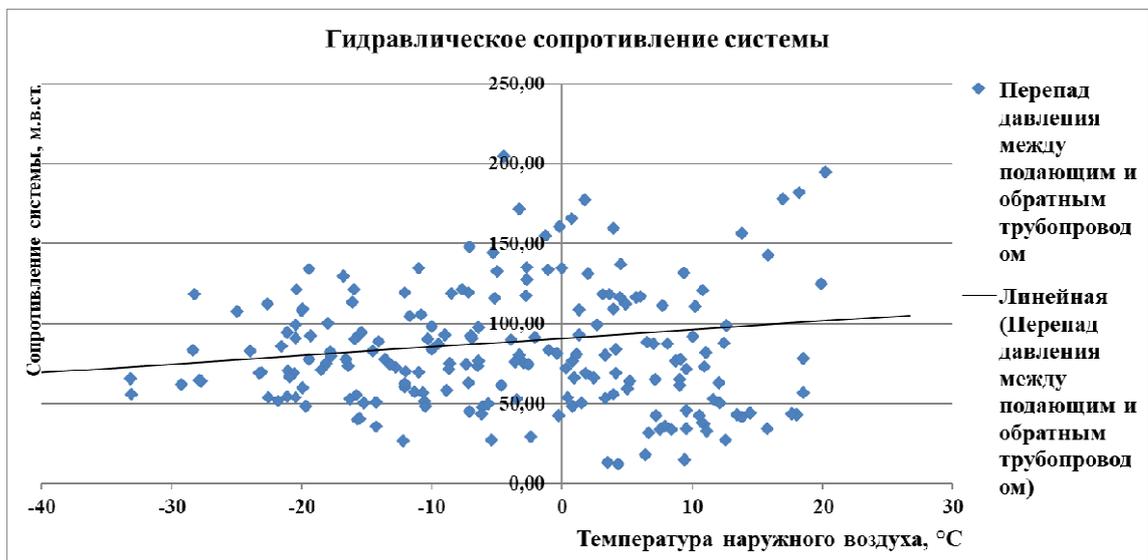


Рисунок 17 – График гидравлического сопротивления в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Краснодарская 19

При расчете гидравлического сопротивления системы, также было выявлено отсутствие линейной зависимости, что тоже указывает на необходимость реконструкции ИТП и установки АСР.

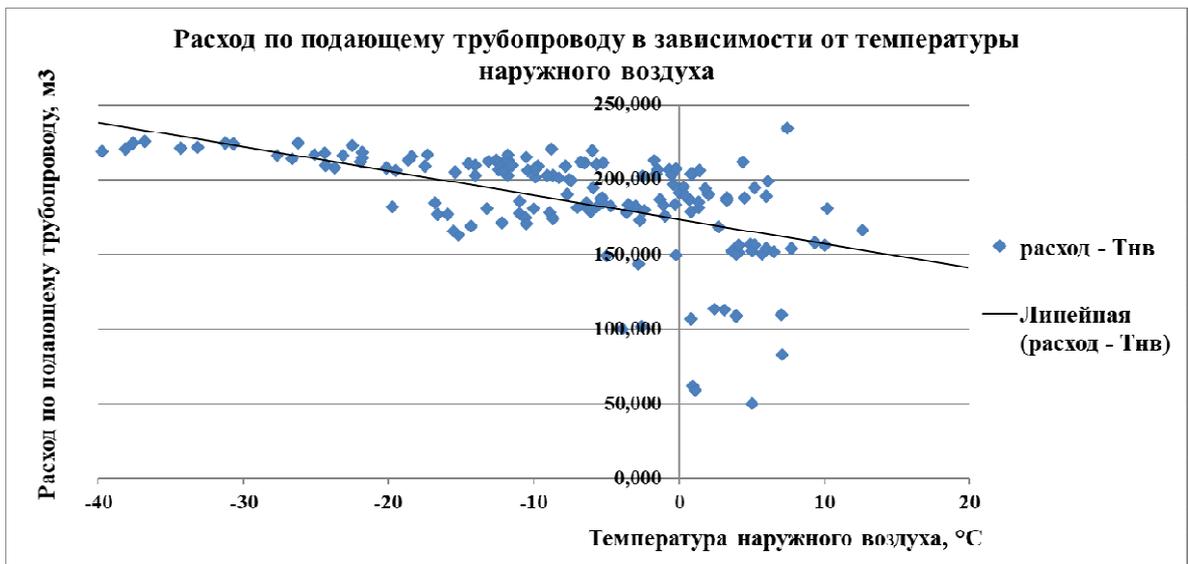


Рисунок 18 – График расхода по подающему трубопроводу в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Чернышева 5

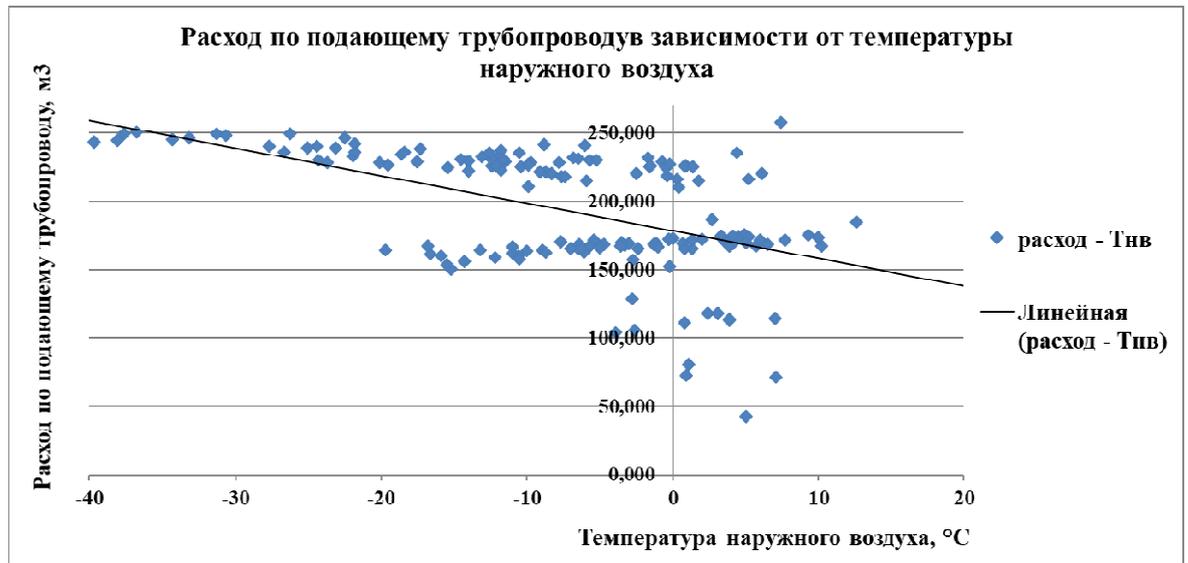


Рисунок 19 – График расхода по подающему трубопроводу в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Чернышева 7

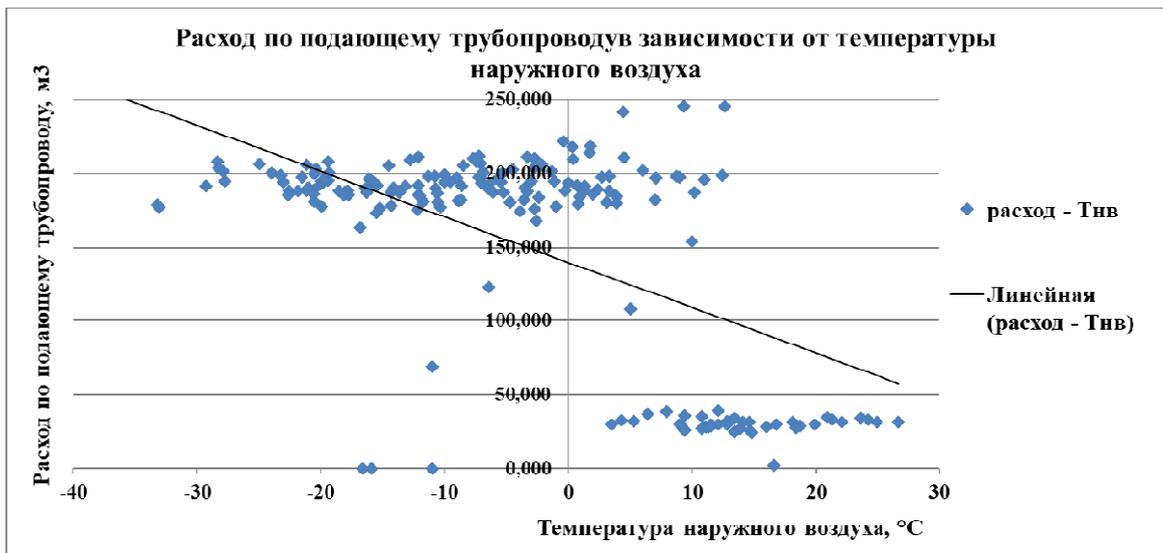


Рисунок 20 – График расхода по подающему трубопроводу в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Железнодорожников 13

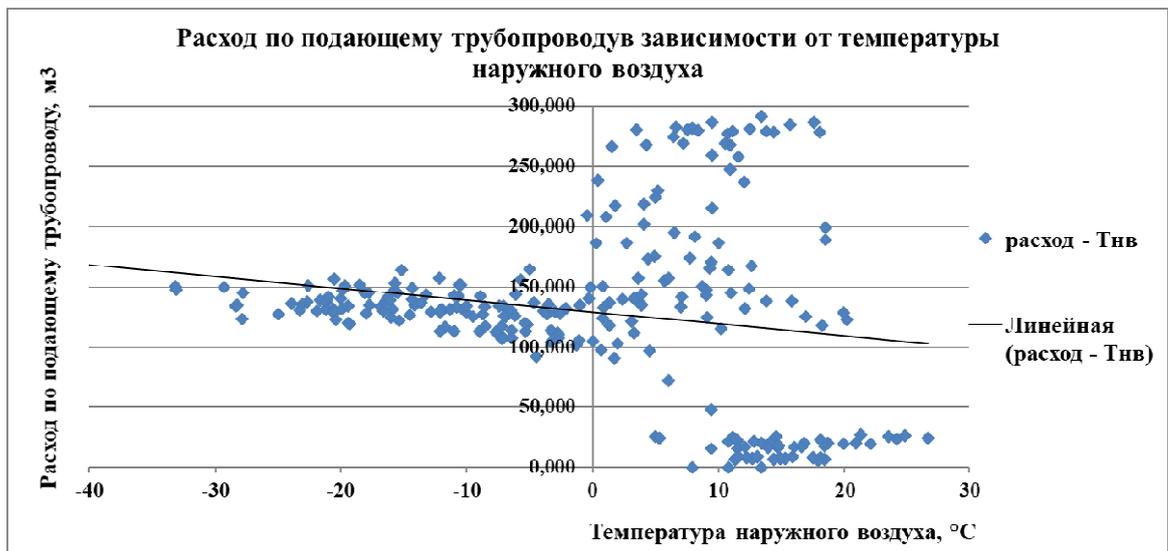


Рисунок 21 – График расхода по подающему трубопроводу в зависимости от температуры наружного воздуха здания по адресу Краснодарская 19

При анализе графиков 18-21, заметно, что при отрицательных температурах теплоноситель поступает стабильно, однако при положительных температурах его поступление начинает варьироваться в широком диапазоне, что говорит об отсутствии регулирования в осенне-весенний период.

Таким образом, реконструкция существующих элеваторных узлов с установкой системы регулирования будет являться оптимальным и необходимым решением, которое поможет существенно снизить затраты на тепловую энергию, а также повысить энергоэффективность здания.

Реконструкция ИТП с установкой АСР, также даст возможность на протяжении всего отопительного периода исключить скачки давления и температуры при подачи тепловой энергии в здание и сделать входные и выходные параметры теплоносителя приближенными к проектным.

3.2 Расчет и выбор автоматических устройств

Перед выбором оборудования на системе теплоснабжения необходимо произвести расчет, на основании имеющихся данных.

ИТП реализует следующую схему подключения системы теплоснабжения: двухтрубная система теплоснабжения, система отопления присоединяется по зависимой схеме с насосным смешением, а система горячего водоснабжения по открытой тупиковой схеме (через регулятор температуры). Система теплоснабжения будет оборудована системой автоматического регулирования теплопотребления.

Температурный график тепловой сети – 150/70 °С.

Температурный график системы отопления – 95/70 °С.

Температура горячей воды – 65 °С.

Фактическое давление в подающем трубопроводе – $P_1 = 8,4$ кгс/см², в обратном $P_2 = 5,8$ кгс/см².

Расчетное давление в подающем трубопроводе – $P_1 = 8,3$ кгс/см², в обратном $P_2 = 6,0$ кгс/см².

3.2.1 Выбор контроллера

В проектируемой схеме необходимо поддерживать температуру воды в контуре системы отопления в соответствии с температурным графиком 95/70°C. Для такого регулирования был подобран контроллер ВТР-210И, который осуществляет погодную компенсацию температуры теплоносителя в системе отопления. Также, он позволяет:

- Обеспечивать недопустимость превышения заданного температурным графиком значения температуры теплоносителя, возвращаемого в теплосеть после контура отопления;
- Программировать снижение температуры воздуха в помещении по часам суток и дням недели;
- Автоматически отключать систему отопления на летний период при переходе температуры наружного воздуха определенной границы;
- Периодически включать электроприводы насоса и регулирующего клапана во время летнего отключения системы отопления;

Микропроцессорный блок терморегулирования ВТР 210И предназначен для автоматического поддержания заданного значения температуры горячей воды на выходе теплообменника, автоматического управления системой отопления здания с целью оптимизации расходования тепловой энергии, управления системой приточной вентиляции, а также для использования в составе систем управления технологическими процессами в качестве регуляторов температуры.

Отличительной особенностью ВТР 210И является наличие в памяти микропроцессора набора типовых программ. Пользователь имеет возможность задавать с клавиатуры регулятора номер программы, обеспечивающей выполнение требуемых функций [12]. На рисунке 22 представлено фото блока терморегулирования ВТР 210И.



Рисунок 22 – Фото блока терморегулирования ВТР 210И

3.2.2 Выбор смесительного насоса системы отопления

Циркуляционный насос — одна из главных составляющих системы отопления и горячего водоснабжения. Он предназначен для обеспечения принудительного движения жидкости по замкнутому контуру (циркуляции), а также рециркуляции.

Расчетный расход, т/час, при отопительном графике 150/70°C и максимальном расходе на отопление и вентиляцию 88,60273 кВт рассчитывается по формуле (1):

$$G_0 = 3,6 * 88,0273 / ((150 - 70) * 4,186) = 0,9 \text{ т/ч}$$

где u – коэффициент смешения, рассчитывается по формуле (3):

$$u = (150-95)/(95-70) = 1,4$$

Производительность насоса рассчитывается по формуле (2):

$$G = 1,1 * 0,9 * (1+2,2) = 3,2 \text{ т/ч}$$

Напор насоса складывается из потерь напора в системе (2,3 м.вод.ст.), потерь напора на фильтре (0,2 м.вод.ст.), потерь напора на балансировочных клапанах (0,5 м.вод.ст.), с запасом 2,0 м.вод.ст. Необходимый напор составляет 5,0 м.вод.ст. Таким характеристикам соответствует насос «Shinwoo» BASIC S 25-8S 180, представленный на рисунке 23.



Рисунок 23 – Насос циркуляционный Shinwoo для системы отопления и горячего водоснабжения

3.2.3 Выбор регулирующего клапана системы отопления

Данные клапана предназначены для перемещения регулирующих органов в системах автоматического регулирования технологическими процессами в соответствии с командными сигналами автоматических регулирующих и управляющих устройств или по сигналам, получаемым дистанционно от оператора.

Механизм исполнительный электрический прямоходный (ЭИМ) предназначен для управления двухходовыми и трехходовыми клапанами. ЭИМ не предназначен для работы в средах, содержащих агрессивные пары, газы и вещества, вызывающие разрушение покрытия, изоляции и материалов,

а также во взрывоопасных средах. Электропривод выполнен на базе шагового электродвигателя. Питание и управление осуществляется от платы управления. Номинальное время полного хода задается переключателем.

Отключение электродвигателя производится при нагрузке 1,2-1,3 номинального усилия, то есть в крайних положениях штока клапана или при заклинивании. Схема защиты исключает дальнейшее исполнение команд в данном направлении. Сброс схемы защиты происходит при подаче команды на движение в противоположном направлении. Для перемещения регулирующего органа ЭИМ вручную предназначен стандартный шестигранный ключ.



Рисунок 24 – Пример клапанов проходных седельных регулирующих ВКСР с трехпозиционными приводами

На подающем трубопроводе в систему отопления предусматривается установка регулирующего клапана. Расчетный расход, т/час, при отопительном графике 140/70°С и максимальном расходе на отопление 88,0273 кВт рассчитывается по формуле (1):

$$G = 3,6 * 88,0273 / ((140 - 70) * 4,186) = 1,1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для регулирования выбираем седельный проходной клапан типа ВКСР. Падение давления на клапане, кгс/см², принимаем равным 9,0 м.вод.ст. Тогда необходимая пропускная способность полностью открытого клапана, м³/час рассчитывается по формуле (4):

$$K_v = 1,1 / \sqrt{0,9} = 1,2$$

С учетом коэффициента 1,2 выбираем клапан с ближайшим большим K_{vs} – клапан типа ВКСР с $K_{vs} = 1,6$ м³/час (Ду=20мм). Расчетное падение давления на данном клапане составляет $\Delta P = 5,0$ м.вод.ст. Выбираем электропривод типа ВЭП-115М-700 стандартного исполнения.

3.2.4 Расчет балансировочного клапана

На обратном трубопроводе системы отопления для общей увязки предусматривается установка балансировочного клапана. На рисунке 25 представлен пример балансировочного клапана VENTURI DRV.



Рисунок 25 – Примеры балансировочного клапана VENTURI DRV.

Расчетный расход, т/час, при отопительном графике 140/70°C и максимальном расходе на отопление 88,0273 кВт рассчитывается по формуле (1):

$$G = 3,6 * 88,0273 / ((140 - 70) * 4,186) = 1,1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для регулирования выбираем балансировочный клапан фирмы «BROEN» типа Venturi DRV. Падение давления на клапане, принимаем равным 7,0 м.вод.ст. Тогда необходимая пропускная способность полностью открытого клапана, м³/час рассчитывается по формуле 4:

$$K_v = 1,1 / \sqrt{0,7} = 1,3$$

Выбираем клапан VENTURI DRV $K_{vs}=4,81$ м³/час (Ду=20мм).
Настройку клапана устанавливаем 3,5: $K_{vs}=1,3$ м³/час

3.2.5 Подбор регулятора перепада давления

Для стабилизации гидравлических режимов системы теплоснабжения, а также для гидравлической увязки на индивидуальном тепловом пункте предусматривается установка регулятора перепада давлений для системы отопления и горячего водоснабжения.

На рисунке 26 представлены примеры регуляторов перепада давления прямого действия ВРПД.



Рисунок 26 – Примеры регуляторов перепада давления прямого действия
ВРПД

При расчетном расходе на отопление и горячее водоснабжение $G = 1,2$ т/ч и падении давления на клапане, равным 14,0 м.вод.ст необходимая пропускная способность клапана рассчитывается по формуле (4):

$$K_v = 1,2 / \sqrt{1,4} = 1,0$$

Выбираем регулятор перепада давления с ближайшим большим K_{vs} типа ВРПД специсполнения для установки на подающем трубопроводе с $K_{vs}=1,6$ м³/час (Ду=15мм). Диапазон регулирования данного регулятора составляют: 0,04-0,7 МПа Настройку клапана выбираем 0,12 МПа

3.2.6 Проектировка принципиальной схемы

На рисунке 27 представлена спроектированная принципиальная тепловая схема ИТП в здании общежития по адресу Железнодорожников 13.

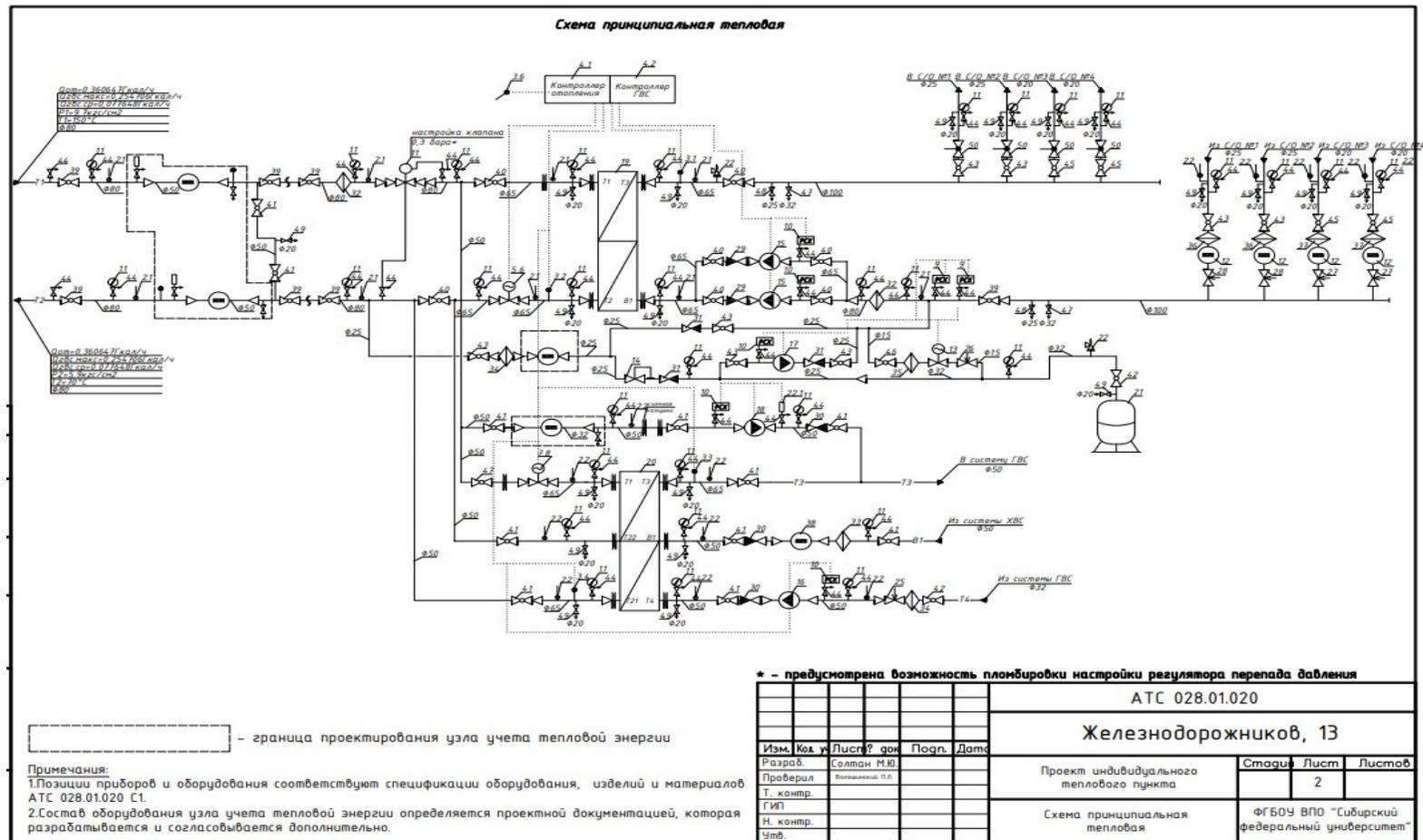


Рисунок 27 – Принципиальная тепловая схема ИТП

На рисунках 28, 29 представлена расшифровка к принципиальной тепловой схеме ИТП, изображенной на рисунке 27 в здании общежития по адресу Железнодорожников 13.

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код оборудования, изделия, материала	Завод-изготовитель	Единица измерен.	Кол-во
1. Приборы и средства автоматизации						
1	Манометр показывающий, P=0...16 кг.с/см ² диаметр корпуса 100мм, штуцер G1/2.	TM 510P.00(0-1,6МПа)G1/2.1,5		ОАО "Росма"	шт.	18
2	Термометр технический показывающий прямой, диапазон от 0...150 °С, длина монтажной части L=66мм, с опр- вой, гильзой и бобышкой	ТТЖ-М-1П-5(0-180С)-240/66		ООО "Теплоприбор"	шт.	3
2.1	Термометр общетехнический диметаллический, диапазон от 0...160 °С, присоединение осевое, с гильзой и бобышкой	БТ-31.211(0-160 °С)G1/2.46.1,5		ОАО "Росма"	шт.	4
3.1,3.2	Датчик температуры погружного типа, T=0...180 °С, с гильзой и бобышкой, длина монтажной части L=60мм	ТС-Б-Р-Рt500-В-Х4-П -(0+180)-60/6-50		ВОГЕЗ	шт.	2
3.3	Датчик температуры наружного воздуха, T=-50...+80 °С	ТС-Б-Р-Рt500-А-Х4-П -(-50+80)-50/6-И		ВОГЕЗ	шт.	1
4	Контроллер системы отопления	ВТР-210И		ВОГЕЗ	шт.	1
5,6	Клапан регулирующий Ду=20мм, Kvs=1,6куб.м/ч, T=2...150 °С, Pу=25бар с электроприводом	ВКСР, ВЭП-115М-700		ВОГЕЗ	шт.	1
7	Реле давления, конт.нагрузка 8А, 0,1-1,0МПа	РД-2Р		ОАО "Росма"	шт.	2
8	Реле разности давлений, диапазон разн. 0,05-0,2МПа	РДД-2Р		ОАО "Росма"	шт.	1
9	Клапан-регулятор перепада давлений Ду=15мм, Pу16бар, для установки на подающем трубопр-де, K vs=1,6куб.м/ч, T=2...+150 °С, диапазон регулирования 0,04-0,7 МПа, комплект импульсных трубок, фланцевый, исполнение 1	ВРПД-1-15-1,6		ВОГЕЗ	шт.	1
10	Регулятор температуры с диапаз. темпер. настройки Трег=20-70 °С. Клапан VG, Ду=15мм, Kvs=1,0 м ³ /ч. Длина температур. датчика 170мм, присоед. резьба R1/2 защитная гильза из латуни. T max=150 °С. С приварными	AVT/VG		Danfoss	шт.	1

Рисунок 28 – Расшифровка к принципиальной тепловой схеме ИТП 1

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код оборудования, изделия, материала	Завод-изготовитель	Единица измерен.	Кол-во
	присоединительными фитингами					
11	Редукционный клапан давления Ду=20мм, Ру25бар, Tmax=100°C, присоед. резьба 3/4".	ITAP Eurobrass			шт.	1
	2. Оборудование системы теплоснабжения					
12	Насос циркуляционный системы отопления G=2,2 м ³ /ч, H=5,0 м.в.ст., Ру-12бар, Tmax=95 °С, мощность 300 Вт, 220В	BASIC S 25-8S 180		Shinhoo	шт.	2
13	Дренажный насос с поплавковым выключателем, 1х230В	Дренажник 110/8			шт.	1
δ/п	Гибкий шланг для дренажного насоса				шт.	1
	3. Трубопроводная арматура					
14	Клапан обратный Ду=50мм, Ру16бар, Т= 0...150 °С, межфланцевый.	010С		DENDOR	шт.	3
15	Кран трехходовой под манометр, Ру16бар, Т=0...+150 °С, G1/2-G1/2	11Б38БК		ОАО "Росма"	шт.	26
16	Клапан обратный Ду=32мм, Ру16бар, Т= 0...150 °С, межфланцевый.	010С		DENDOR	шт.	1
17	Фильтр сетчатый фланцевый Ду=50мм, Ру16бар, Т=0...+150 °С	IS16F		ADL	шт.	2
18	Фильтр сетчатый фланцевый Ду=32мм, Ру16бар, Т=0...+150 °С	IS16F		ADL	шт.	1
19	Кран шаровый приварной Ду=50мм, Ру40бар, Т=0...150 °С	КШ.Ц.П.050/040.040.02		LD	шт.	10
20	Кран шаровый приварной Ду=40мм, Ру40бар, Т=0...150 °С	КШ.Ц.П.040/032.040.02		LD	шт.	2
21	Кран шаровый приварной Ду=32мм, Ру40бар, Т=0...150 °С	КШ.Ц.П.032/025.040.02		LD	шт.	3
22	Балансировочный клапан муфтовый Ду=25мм, Ру16бар Т=135°C, Kvs=9,94куб.м/ч,	Venturi DRV		BROEN	шт.	2
23	Балансировочный клапан муфтовый Ду=20мм, Ру16бар Т=135°C, Kvs=4,26куб.м/ч,	Venturi DRV		BROEN	шт.	1

Рисунок 29 – Расшифровка к принципиальной тепловой схеме ИТП 2

Таким образом были рассмотрены основные технические средства, которые необходимо использовать для реконструкции ИТП и приведения его к стандартам настоящего времени.

3.3 Расчет сроков затрат и окупаемости

Реконструкция ИТП, по выбранному оборудованию на данный момент обойдется в сумму около 2,7 млн руб., после реконструкции экономия в год составит около 200 Гкал или 485 тыс. руб. в год. на основании этого произведем расчет простого срока окупаемости. Простой срок окупаемости рассчитываем по формуле (8):

$$PP = \frac{K_0}{KF_{cr}} = \frac{2\,700\,000}{484\,698} = 5,5 \text{ лет}$$

где PP – простой срок окупаемости проекта в годах;

K_0 – общая сумма первоначальных вложений в проект, руб.;

KF_{cr} – среднегодовые поступления денежных средств от нового проекта при выходе его на запланированные объемы производства/продаж, руб.

Простой срок окупаемости проекта не учитывает изменение стоимости денежных средств во времени. Дисконтированный срок окупаемости позволяет учесть инфляционные процессы и рассчитать возврат инвестиций с учетом покупательской способности денежных средств.

Дисконтированный срок окупаемости рассчитываем по формуле (9):

$$DPP = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \geq l_0$$

где DPP – динамический (дисконтированный) срок окупаемости;

r – ставка дисконтирования;

l_0 – инвестиции в проект;

CF – денежные поступления в период t ;

n – срок окупаемости;

$$DPP = \sum_{t=1}^n \frac{484698}{8} = 7,5 \text{ лет}$$

Согласно расчетам динамический (дисконтированный) срок окупаемости наступит через 7,5 лет.

Заключение

Анализ показаний потребления тепловой энергии зданием является важным инструментом для определения эффективности системы отопления здания. Он позволяет выявить проблемы в работе системы и разработать меры для их устранения.

В ходе работы был проведён анализ расчётных показателей энергоэффективности. Выполнен анализ расчёта класса энергоэффективности.

В результате проведенной работы также была доказана практическая значимость работы по применению анализа теплотребления группы объектов и получены следующие результаты:

1. Изучены существующие требования к проектированию систем теплоснабжения;

2. Во время анализа потребления тепловой энергии зданий выявлено, что в большинстве случаев из-за того, что подача теплоносителя не регулируется, происходят «перетопы» тепловой энергии и соответственно переплаты за отопление.

3. Выявлена необходимость внедрения индивидуальных тепловых пунктов с автоматизированным регулированием, для экономии тепловой энергии и стабилизации параметров теплоносителя.

Во время работы был произведен анализ существующей системы теплоснабжения зданий и параметров теплоносителя зданий. Также была разработана схема реконструкции для ИТП объекта по адресу Железнодорожников 13.

Был произведен расчет окупаемости, он составил порядка 7,5 лет, что является средним показателем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 11.06.2021) // Российская газета – 2009. – 27 ноября.
2. Амосов, Н.Т. Теплофикация и теплоснабжение : учебное пособие/ Н.Т. Амосов – Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2010. – 237 с.
3. Вафин, Д. Б. Теплоснабжение и тепловые сети: учебное пособие / Д.Б. Вафин, корректор Т. В. Габдурахимова. – Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2014. – 228 с.
4. Зуев, К. И. Автоматизация и управление системами теплогазоснабжения и вентиляции : учеб. пособие / К. И. Зуев; Владимир. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2019 – 171 с.
5. Астафьев, А. В. Энергосбережение в жилищной сфере. Проблемы, поиски, решения / А. В. Астафьев // Строительная газета, 2004 - № 50. – С. 11.
6. ФЗ "О теплоснабжении": федер. закон от от 27.07.2010 N 190-ФЗ (ред. от 01.05.2022) // Санкт Петербург : АО Кодекс – 2010. – 93 с.
7. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества : ГОСТ : Внесен постановлением Госстандарта России от 17 декабря 1998 г. № 449 : введен впервые. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 18 с.
8. Постановление Правительства РФ от 08.08.2012 N 808 (ред. от 28.04.2023) "Об организации теплоснабжения в Российской Федерации и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации" // Сайт КонсультантПлюс. – 2023. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_134068/c80273ae983165a9сба46аacc8079ad7f9d76689/ (дата обращения 20.04.2024)
9. Постановление Правительства РФ от 18.11.2013 N 1034 (ред. от 25.11.2021) "О коммерческом учете тепловой энергии, теплоносителя" (вместе с "Правилами коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя") – Москва : Проспект ; Санкт Петербург : АО Кодекс, 2021. – 22 с.
10. СП 510.1325800.2022, Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения: свод правил : утвержден и введен в действие Приказом

Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 25 января 2022 г. № 42/пр 2022-02-26. – Москва: Минстрой России, 2022. – 83 с.

11. СП 50.13330.2012, Тепловая защита зданий: свод правил : Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 : дата введения 2017-06-06. – Москва : Стандартинформ, 2012. – 100 с.

12. Руководство по эксплуатации // Сайт ВОГЕЗ. – 2019. – URL: <https://p-irgroup.ru/katalog/produksiya-vogez/teplovaya-avtomatika/multiprogrammnyy-kontroller-vtr-210i-dlya-sistem-otopleniya-goryachego-vodosnabzheniya-i-pritochnoy-ventilyatsii.html> (дата обращения 21.03.2024)

13. Сухов, В. В. Инженерные сети: учеб. пособие / В. В. Сухов, М. С. Морозов; под общ. ред. В. В. Сухова; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун-т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2019. – 179 с.

14. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов/ Е. Я. Соколов. Изд. 7-е, стер. — Москва : Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.

15. Зингер, Н.М. Повышение эффективности работы тепловых пунктов / Н.М. Зингер, В.Г. Бестолченко, АА. Жидков. — Москва: Стройиздат, 1990. —188 с.

16. Ливчак, В.И. Эффективность пофасадного автоматического регулирования систем отопления / В.И. Ливчак, Х.А. Чугункин, В.А. Оленев, В.Л. Карасев // Водоснабжение и санитарная техника. – 1986. – № 5. – С. 11.

17. Анисимова, Е.Ю. Оптимизация температурных режимов общественно-административных и производственных зданий. — Челябинск, 2008. – 172 с.

18. Калмаков, А.А. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции / А.А. Калмаков, Ю.Я. Кувшинов, С.С. Романова, С.А. Щелкунов. – Москва : Стройиздат, 1986. – 479 с.

19. Панферов, С.В. Некоторые проблемы энергосбережения и автоматизации в системах теплоснабжения зданий / С.В. Панферов, А.И. Телегин, В.И. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». — 2010. — № 22. — С. 198.

20. Research of energy efficiency of temperature control systems in buildings / Zhuikov, A.V., Kolosov, M.V., Radzyuk A.Yu., Chicherin, S.V. // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2337. P. 30014.

21. СП 347.1325800.2017. Внутренние системы отопления, горячего и холодного водоснабжения : свод правил : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства

Российской Федерации от 5 декабря 2017 г. № 1617/пр : дата введения 2017-06-06. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 31 с.

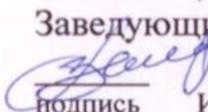
22. СТУ 7.5 – 07 – 2021. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Красноярск. СФУ, 2021. – 65 с.

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

Политехнический институт
институт
Кафедра «Теплотехники и гидрогазодинамики»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.А. Кулагин

подпись Инициалы, фамилия

« 26 » июня 2024 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**Оценка энергоэффективности методом
анализа теплотребления групп объектов**

тема

13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

код и наименование направления

13.04.01.01 – Энергетика теплотехнологий

код и наименование магистерской программы

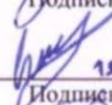
Руководитель

 29.06.24
Подпись, дата

доцент ТТиГД, к.т.н.
должность, ученая степень

А.Ю. Радзюк
Инициалы, фамилия

Выпускник

 19.06.24
Подпись, дата

М.Ю. Солтан
Инициалы, фамилия

Рецензент

 19.06.24
Подпись, дата

профессор, к.т.н.
должность, ученая степень

Ю.В. Видин
Инициалы, фамилия

Красноярск 2024