

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

Политехнический институт

институт

Теплотехники и гидрогазодинамики

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В. А. Кулагин

подпись инициалы, фамилия

«_____» _____ 20__ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

код – наименование направления

Проект теплоснабжения промышленного здания

тема

Руководитель

подпись, дата

доцент, канд. техн. наук

должность, ученая степень

М. В. Колосов

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

Ю. А. Кулешова

инициалы, фамилия

Красноярск 2022

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

Политехнический институт

институт

Теплотехники и гидрогазодинамики

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Кулагин В.А.

подпись инициалы, фамилия

«_____» _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме

бакалаврской работы

бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации

Красноярск 2022

Студенту Кулешовой Юлии Алексеевне
фамилия, имя, отчество

Группа ФЭ18-02БП Направление (специальность) 13.03.01
номер код

Теплоэнергетика и теплотехника
полное наименование

Тема выпускной квалификационной работы

Проект теплоснабжения промышленного здания

Утверждена приказом по университету № 16507/с от 28.10.2021

Руководитель ВКР М. В. Колосов, доцент, канд. техн. наук, СФУ ПИ
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР

Место расположения здания г. Красноярск; планы 1 и 2 этажей

административного здания; конструкция наружных ограждений;

способ присоединения к тепловым сетям

Перечень разделов ВКР Обзор методов, систем отопления и

оборудования; Расчет тепловой нагрузки; Подбор отопительного

оборудования и оборудования ГВС; Подбор насосного оборудования;

Подбор систем автоматизированного управления нагрузкой;

Расчет стоимости проекта

Перечень графического материала

Схемы расстановки стояков по 1 и 2 этажам; Аксонометрическая схема;

Принципиальная схема ИТП; Схема узла учета; Схема автоматики ИТП;

График Россандера

Руководитель ВКР М. В. Колосов
подпись инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению Ю. А. Кулешова
подпись, инициалы и фамилия студента

«__» _____ 20__г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Проект теплоснабжения административного здания» содержит 95 страниц текстового документа, 20 иллюстраций, 27 таблиц, 19 использованных источников.

СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ, ПРОЕКТ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, ОТОПИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ, УЗЕЛ УЧЕТА, ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАГРУЗКИ, НАСОСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕПЛОВАЯ НАГРУЗКА.

Объект проектирования – административное здание в г. Красноярске.

Цели ВКР:

- Теоретический обзор проектирования систем теплоснабжения;
- Разработка проекта системы теплоснабжения административного здания в городе Красноярске.

Задачи ВКР:

- Выбор метода отопления;
- Расчет тепловой нагрузки;
- Гидравлический расчет системы отопления;
- Выбор отопительных приборов, основного и вспомогательного оборудования, средств контроля;
- Экономический расчет.

В результате проектирования было выбрано водяное радиаторное отопление. Для обеспечения нагрузки был поставлен индивидуальный тепловой пункт, в котором обеспечивалось независимое присоединение системы отопления и присоединение закрытой системы горячего водоснабжения. Наружные тепловые сети определены в качестве источника тепла.

Расчитана тепловая нагрузка на отопление и ГВС.

Для ИТП были подобраны арматура и основное оборудование. По температурам на входе и выходе, также по объему теплоносителя горячего и холодного были выбраны пластинчатые теплообменники отопления и ГВС. По объему теплоносителя в системе был выбран мембранный расширительный бак.

По результату гидравлического расчета был подобран насос.

В конце работы был выполнен экономический расчет проекта теплоснабжения, по итогу которого были рассчитаны затраты.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1. Теоретическая часть. Обзор методов, систем отопления и оборудования	11
1.1 Классификация систем отопления	11
1.1.1 Водяное отопление.....	12
1.1.2 Воздушное отопление.....	15
1.1.3 Паровое отопление.....	17
1.1.4 Системы отопления без теплоносителя.	
Электрические системы отопления.....	19
1.2 Оборудование систем отопления	20
1.3 Основные решения по отоплению здания	23
2. Тепловая нагрузка	25
2.1 Описание проектируемого объекта.....	25
2.2 Основные конструктивные решения здания	29
2.3 Расчет тепловой защиты здания	30
2.4 Расчет теплопоступлений и тепловых потерь помещений.....	36
2.4.1 Определение расчетных тепловых потерь через наружные ограждения	37
2.4.2 Определение расчетных тепловых потерь с учетом инфильтрации....	41
2.4.3 Расчет теплопоступлений от солнечной радиации.....	43
2.4.4 Расчет технологических тепловыделений	45
2.5 Тепловой баланс	47
2.6 Тепловой нагрузка на систему ГВС	50
3. Подбор отопительного оборудования и оборудования ГВС	52
3.1. Тепловой расчет и подбор отопительных приборов	52
3.2 Подбор оборудования ИТП.....	57
4. Подбор насосного оборудования.....	64
4.1 Гидравлический расчет системы отопления	64
4.2 Выбор насоса	72

5. Управление нагрузкой	76
5.1. Узел учета тепловой энергии	76
5.2. Автоматизация теплового пункта.....	83
6. Экономический раздел	87
Заключение	92
Список использованных источников	94

ВВЕДЕНИЕ

Для здания, в котором требуется в холодный период поддерживать положительную температуру, отопление является неотъемлемой инженерной системой. Система отопления должна обеспечивать нормируемые температуры в помещениях, которые регламентируются, как нормативными документами, так и технологическими требованиями.

Для того чтобы в холодный зимний период обеспечить в помещении необходимые условия для проживания, нужна система, которая помогала бы поддерживать нужный температурный режим. Система отопления является наиболее удачным инженерным решением данной проблемы. Отопительная система поможет поддерживать в доме комфортные условия на протяжении всего холодного периода года.

Темой выпускной квалификационной работы является проектирование системы теплоснабжения административного здания.

Целью работы является разработка проекта системы теплоснабжения административного здания в городе Красноярске.

В достижение обозначенной цели в ВКР необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть теоретические аспекты проектирования систем теплоснабжения и выбрать принципиальное решение по методу отопления здания;
- рассчитать тепловую нагрузку;
- выполнить гидравлический расчет схемы теплоснабжения с построением аксонометрической схемы;
- произвести выбор отопительных приборов, основного и вспомогательного оборудования, средств контроля;
- выполнить экономический расчет.

Актуальность темы выпускной квалификационной работы обусловлена тем, что система отопления является обязательным условием обеспечения комфортных условий для деятельности людей в здании. Данной отрасль перспективно развивается в рамках повышения эффективности, экологичности и экономичности теплоснабжающего оборудования.

Объектом проектирования является система отопления нежилого здания, представленного на рисунке 1. Исходными данными послужили планы этажей здания, представленные на рисунках 2, 3.



Рисунок 1 – Внешний вид здания



Рисунок 2 – План первого этажа

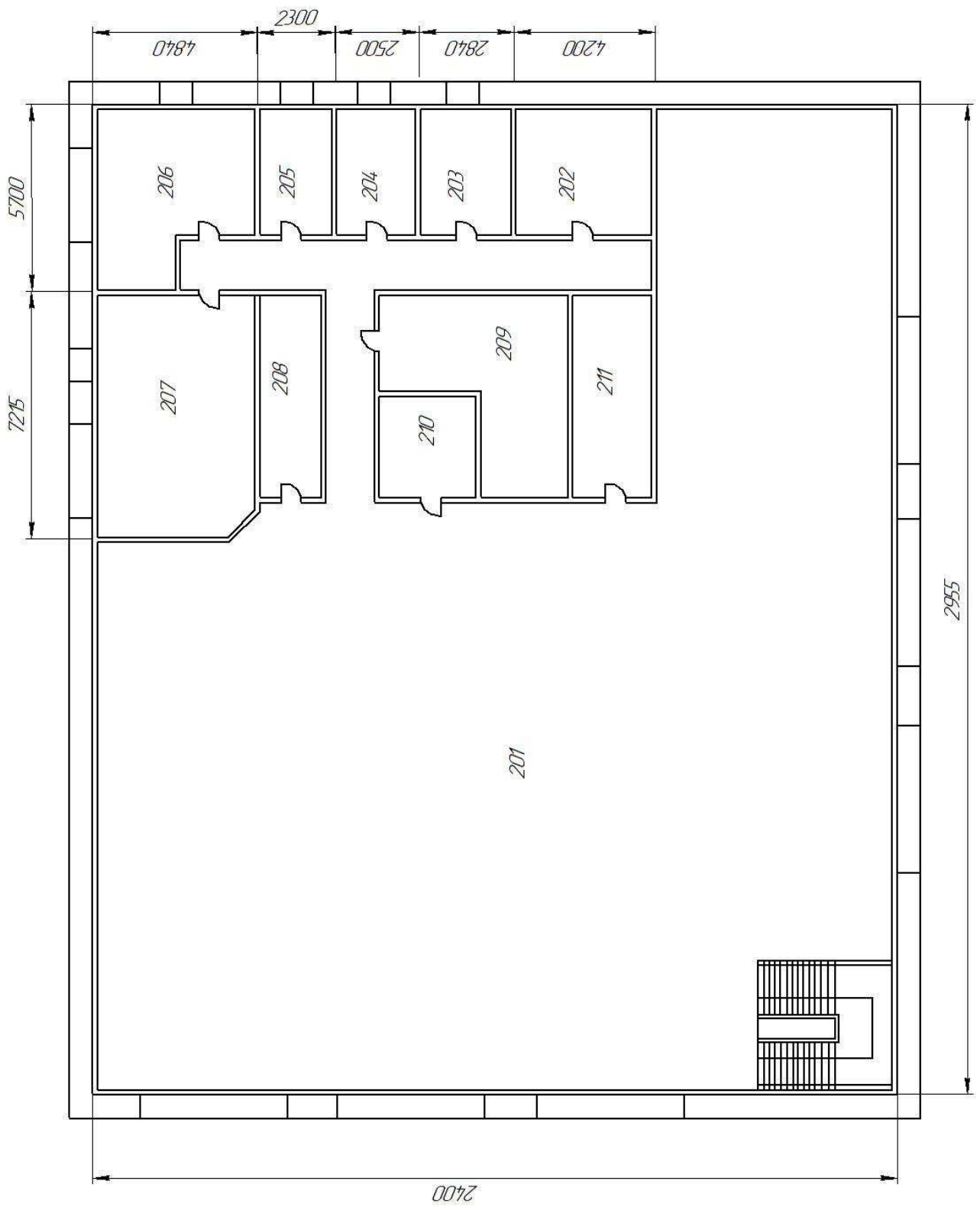


Рисунок 3 – План второго этажа

1. Теоретическая часть. Обзор методов, систем отопления и оборудования

1.1 Классификация систем отопления

Чтобы выбрать систему отопления, теплоноситель и его параметров, тип приборов отопления, нужно учесть тепловую инерцию наружных ограждающих конструкций и назначение сооружений.

Все системы отопления должны соответствовать требованиям:

- технико-экономическим (капитальные затраты на сооружение и эксплуатацию будут минимальными);
- санитарно-гигиеническим (обеспечение установленной температуры воздуха в отапливаемых помещениях, а также поддержание температуры поверхности ПО в пределах норм);
- монтажно-эксплуатационным и архитектурно-строительным требованиям (взаимосвязь элементов систем отопления со строительными, архитектурно-планировочными решениями, обеспечение сохранности строительных конструкций на период всего срока эксплуатации здания). [11]

Основными конструктивными элементами системы отопления являются:

- теплоисточник (теплогенератор при местном или теплообменник при централизованном теплоснабжении) — элемент для получения теплоты;
- теплопроводы — элемент для переноса теплоты от теплоисточника к отопительным приборам;
- отопительные приборы — элемент для передачи теплоты в помещение.

В зависимости от разных критериев классификация систем отопления включает множество видов. Рассмотрим основные из них.

Классификация по:

- Радиусу действия – местные и центральные;

- Типу источника нагрева – газовые, мазутные, электрические, пеллетные, дровяные, угольные, дизельные, торфяные, солнечные, геотермальные.
- Виду циркуляции теплоносителя – с естественной и искусственной (механической, с использованием насосов);
- Типу теплоносителя – воздушные, водяные, паровые, комбинированные;
- Способу разводки – с верхней, нижней, комбинированной, горизонтальной, вертикальной;
- Способу присоединения приборов – однотрубные, двухтрубные, трёхтрубные, четырёхтрубные, комбинированные.

1.1.1 Водяное отопление

Данная система - одна из наиболее распространённых, которая применяется на территории РФ в жилых, производственных зданиях и сооружениях. Связано это с тем, что вода, как теплоноситель, самый доступный и дешёвый вариант.

Водяная система состоит из:

1. Котла, в котором теплоноситель нагревается за счет энергии сжигаемого топлива, либо преобразуемой в тепло электроэнергии;
2. Приборов отопления (конвекторы, радиаторы, панели, ребристые и гладкие трубы и т.п.);
3. Трубопроводов, по которым горячий теплоноситель от источника поступает в ПО и обратно;
4. Расширительного сосуда для теплоносителя, объём которого увеличивается при нагревании;
5. Запорно-регулирующей арматуры.

Различают системы с естественной и принудительной циркуляцией теплоносителя.

В малоэтажных зданиях используется только естественная циркуляция, при которой, теплоноситель циркулирует за счёт разности температур и плотности теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах. Использование таких систем требует создание уклона, чтобы упростить перемещение теплоносителя. Также длина горизонтальной трубы не может превышать 30 метров. Плюсы такой системы в дешевизне, не требуется покупать дополнительное оборудование, также они практически не издают шума. Минус в потребности труб большого диаметра, также трудность в обогреве большого здания.

В системах с принудительной циркуляцией на обратном трубопроводе устанавливается циркуляционный насос. Возможность использования меньших диаметров подающего и обратного трубопроводов, чем в системах с естественной циркуляцией, что позволяет экономить на материалах.

Различают следующие системы водяного отопления:

а) по схеме соединения труб с отопительными приборами:

- однотрубные с последовательным соединением приборов;
- двухтрубные с параллельным соединением приборов;
- бифилярные с последовательным соединением сначала всех первых половин приборов, затем для течения воды в обратном направлении всех вторых их половин;

б) по положению труб, объединяющих отопительные приборы по вертикали или по горизонтали — вертикальные и горизонтальные;

в) по расположению магистралей:

- с верхней разводкой при прокладке подающей магистрали выше отопительных приборов;
- с нижней разводкой при расположении и подающей и обратной магистралей ниже приборов;
- с «опрокинутой» циркуляцией воды при прокладке обратной магистрали выше приборов;

- г) по направлению движения воды в подающей и обратной магистралях:
- с тупиковым (встречным) движением воды в системе отопления
 - попутным (в одном направлении) движением воды в системе отопления.

Одноконтурные системы служат только для того, чтобы отапливать помещения. Двухконтурные - не только для отопления помещений, но и для нагревания воды. Как показывает практика, часто применяется установка двух одноконтурных систем (при этом, летом можно пользоваться только одной системой). [11]

В однотрубной разводке нагретая вода от котла идет последовательно от одной батареи к другой, поэтому последняя батарея в цепи будет холоднее, чем первая. Такая система сложна в управлении, потому что без специальных приемов просто не перекрыть доступ носителя тепла в один из радиаторов, так как перекроется доступ и ко всем остальным.

В двухтрубной разводке к каждому отопительному прибору подводится две трубки – с горячей и холодной водой, при этом температура каждой батареи одинаковая. В такой системе температурный режим в помещении регулируется проще.

Основной минус одно- и двухтрубной системы — быстрое охлаждение теплоносителя. Такого недостатка нет у коллекторной системы подключения (рисунок 4). Коллекторный узел для двухтрубной системы отопления состоит из 2 частей:

- Входной (подключение к нагревательному устройству, где он принимает и распределяет по контурам горячий теплоноситель);
- Выходной (подключение к обратным трубам контуров, необходим для сбора охлаждённого теплоносителя и подачи его в котёл).

Основное отличие коллекторной системы в том, что любая батарея подключена независимо, это позволяет регулировать температуру каждой или отключить её. Также можно заменять поврежденные участки труб, не нарушая всю систему.

К недостатку относится излишний расход трубы. Потребуется потратить в 2—3 раза больше трубы, чем при последовательном подключении батарей. Еще требуется установка циркуляционных насосов.

Выделим основные преимущества и недостатки системы водяного отопления.

Преимущества:

- Экономичность в расходах материалов
- Достаточно высокий уровень теплоемкости.
- Комфортная температура

Недостатки:

- Трудоемкость установки и эксплуатации
- Постоянно вести контроль над генератором
- Нужно удалять воду, если происходит долгое отбытие
- Установить данный вид отопления можно во время строительства или капитального ремонта.

1.1.2 Воздушное отопление

В состав воздушной системы отопления входят:

1. Воздухоподогреватели;
2. Воздуховоды;
3. Воздухозаборные и воздухоподающие решетки;
4. Запорно-регулирующая арматура (клапаны) в воздуховодах.

Если воздухоподогреватель расположен непосредственно в отапливаемом помещении, воздуховоды, решётки и клапаны могут не устанавливаться.

Отопление с использованием воздушной массы построено на принципе терморегуляции. Таким образом может осуществляться обогрев внутренних пространств и кондиционирование.

Применяют такие системы для обогрева больших промышленных зданий и объектов. Когда появились компактные и удобные в использовании воздухонагреватели, воздушное отопление стали применять в быту.

Экономически выгодно устанавливать печи воздушного отопления в частных домах. Но для многоквартирных домов такая схема не подходит, потому что нужно прокладывать множество крупных воздуховодов, также будет наличие шума и высокая пожароопасность.

Воздух, который используется в системах отопления нагревается до температуры 60°C в специальных теплообменниках калориферах. Они обогреваются паром, водой, электричеством, горячими газами. Тогда система соответственно называется водовоздушной, паровоздушной, электровоздушной, газовоздушной. [11]

Рассмотрим типы воздушных систем отопления:

1. Рециркуляционные. Два случая - весь подаваемый к воздухоподогревателю воздух отбирается из отапливаемого им помещения и совмещенное с вентиляцией, когда подача воздуха осуществляется частично из отапливаемого помещения, а частично снаружи;

2. Прямоточные. Они совмещены с вентиляцией и работают на наружном воздухе. Их устанавливают в жилых зданиях. Здесь рециркуляция не требуется, так как это может привести к тому, что воздух будет поступать из одной квартиры в другую. [15]

Опишем основные преимущества и недостатки системы воздушного отопления.

Преимущества:

- отсутствие промежуточного теплоносителя, упростит эксплуатацию;
- отсутствие завоздушивания;
- возможность регулирования температурного режима в любом помещении;
- отсутствие батарей;

- возможность совмещения обогрева и вентиляции, позволит сэкономить на прокладке коммуникаций

Единственный минус в том, что проектировать систему необходимо вместе с разработкой проекта дома, так как многие элементы являются неотъемлемой частью внутридомовых конструкций. Если отказаться от воздушного обогрева, многие элементы системы, включенные в конструкции дома, останутся.

1.1.3 Паровое отопление

Особенностью паровых систем отопления является комбинированная отдача тепла рабочим телом, которое снижает свою температуру и конденсируется. Удельная теплота парообразования (конденсации), которая выделяется при этом, составляет 2200 кДж/кг, в то время как остывание пара на 50 °С дает только 150 кДж/кг.

В качестве источника тепла в таких системах служат: отопительный паровой котёл, отбор пара из паровой турбины или редукционно-охладительная установка, утилизационные установки.

В качестве отопительных приборов могут быть радиаторы отопления, конвекторы, оребрѐнные или гладкие трубы.

В системе давление пара ниже атмосферного или выше атмосферного (до 6 атм), а температура не может превышать 130 °С.

Регулируют температуру изменением расхода пара, а если это невозможно, то периодическим прекращают подачу пара. Изменение температуры в помещениях производится регулированием расхода пара, а если это невозможно – периодическим прекращением подачи пара. Перед началом морозов иногда прогревают здание для использования его тепловой инерции, т. н. «перетоп».

Если система низкого давления, то применяют замкнутую циркуляцию. Здесь конденсат самотеком возвращается в котел под собственным весом. Для

этого котел заглубляют относительно нижнего уровня радиаторов для снабжения необходимым столбом конденсата.

Если схема разомкнутая, конденсат собирается в бак и перекачивается в котел. Это делают, когда невозможно обеспечить необходимое заглубление котла и возврат конденсата самотеком.

Данная система может быть связана и не связана с атмосферой. Так ее разделяют на два типа: открытую и закрытую. [11]

В настоящее время паровое отопление запрещено использовать в многоквартирных домах. Оно часто встречается на производствах. Но в частных домах устанавливать такую схему не запрещено.

Преимущества парового отопления следующие:

- Небольшие размеры и меньшая стоимость отопительных приборов
- Малая инерционность и быстрый прогрев системы
- Нет потерь тепла в теплообменниках

Рассмотри эксплуатационные недостатки парового отопления в бытовом использовании:

- невозможность регулирования теплоотдачи отопительных приборов с помощью изменения температуры теплоносителя;
- поверхность теплопровода постоянно имеет высокую температуру (100 °С), а это вызывает необходимость в перерывах подачи пара в батареи, что приводит к колебанию температуры в помещении;
- наличие шума;
- не безопасной системой из-за высокой температуры в отопительных приборах, а также котел может расплавиться, если в нем полностью выкипит вода. Также возможен взрыв при добавлении в перегретый котел воды;
- сокращается срок службы труб из-за перерывов в подаче пара.

1.1.4 Системы отопления без теплоносителя. Электрические системы отопления

В данных системах отопления помещение нагревает не теплоноситель, а электрическая энергия, преобразованная в тепловую. К ним относятся электрические теплые полы, панельные инфракрасные обогреватели, инфракрасные излучатели и пленочные инфракрасные нагреватели (ПЛЭН). Далее рассмотрим подробнее каждый из видов.

Тёплый пол — такая система отопления, в которой нагрев воздуха происходит снизу. В роли отопительного прибора выступает тёплый пол (настил). Это два слоя изоляции, экранированные одножильные или двухжильные кабели.

Можно выделить три разновидности теплого пола.

1. Электрический;
2. Инфракрасный;
3. Водяной.

По сравнению с водяными, электрические полы проще и дешевле при монтаже, не требуют дополнительного оборудования, просты в управлении.

ПЛЭН определяется как пленочный материал для отопления. Нагреватели работают на принципе нагрева элементов из карбона, запаянных в полимерную пленку. Пленка в свою очередь прочная, влагонепроницаема и термостойкая.

К преимуществам способа относятся:

- комфортная влажность;
- долговечность;
- экономичность;
- отсутствие шумов в рабочем режиме;
- небольшие размеры;
- инфракрасные лучи предотвращают сырость и появление плесени на стенках комнаты;

- быстрый разогрев;
- автоматическая система контроля температурного режима.

Недостатки следующие:

- высокая себестоимость;
- невозможность в поклейке обоев на ПЛЭН;
- зависимость от скачков напряжения;
- нужна качественная теплоизоляция помещений.

Газовые ИК относят к огневоздушному отоплению без теплоносителя, из-за выработки тепла при сгорании газо-воздушной смеси.

Инфракрасные газовые обогреватели делятся на такие типы, как:

- «Светлые», у которых горение происходит на излучающей поверхности.

Они применяются в больших вентилируемых помещениях или на открытом пространстве;

- «Темные», у которых горение происходит в полностью закрытом пространстве.

1.2 Оборудование систем отопления

Система отопления (кроме электрической) это совокупность оборудования и инженерных сетей (трубопроводы, системы автоматики, регулирующая арматура, насосные станции).

Оборудование систем водяного и парового можно определить следующим образом:

1. Источник тепла. Может выступать водогрейный или паровой котел, на газовом, дизельном или твердом топливе. Также может быть индивидуальный или центральный тепловой пункты (ИТП или ЦТП), который снабжает теплом от центральной котельной несколько объектов, либо от ТЭЦ районы города и промышленные предприятия;
2. Насосная станция;

3. Сеть трубопроводов с набором запорной, регулирующей арматурой;
4. Станция подпитки, расширительные баки для компенсации температурных расширений, предохранительная арматура;
5. Отопительные приборы, контуры теплых полов, установки воздушного отопления.

Тепловые пункты предназначены для передачи и распределения теплоэнергии от котельных, РТС и ТЭЦ во внутренние системы водоснабжения, вентиляции и отопления.

К плюсам центральной системы отопления можно отнести:

- возможность использования недорогих видов топлива;
- более низкая стоимость при покупке помещения;
- отсутствие расходов на эксплуатацию;
- безопасность.

Минусы центральной системы отопления:

- система функционирует по строгому сезонному графику;
- невозможность индивидуального регулирования температуры приборов отопления;
- теплопотери в процессе транспортировки и отопления в многоквартирном доме;
- изношенность сетей приводит к авариям и перебоям с поставкой энергии.

Котельные установки — это система, обеспечивающая нагрев теплоносителя за счет сжигания топлива.

Отопительные котлы делятся на следующие виды:

- газовые;
- электрические.
- твердотопливные;
- жидкотопливные.

Бывают и универсальные котлы, работающие на твердом топливе и газообразном.

Для перехода на другой вид топлива необходимо внести незначительное изменение в конструкцию котла (поменять горелку).

Плюсы автономной котельной:

- гарантия стабильно подаваемого тепла;
- полная независимость и автономность;
- плата только за обогрев здания, а не отопление улицы;
- низкая стоимость ремонта оборудования котельной из расчета на одно помещение;
- безопасность.

Минусы автономной котельной:

- отсутствие возможности полностью отключить отопление в квартире (устранить плату за отопление);
- необходимость ежедневного обслуживания;
- более высокая стоимость помещения по сравнению с централизованной;
- необходимость в заготовке топлива и зависимость от поставщиков, если котельная работает на привозном топливе, высокие платежи за отопление.

Стоимость проекта ЦТП и ИТП ниже, чем проекта котельной. Это связано с требованиями противопожарной безопасности и соблюдением экологических нормативов при строительстве. ИТП также намного выгоднее из-за меньших потерь тепла при передаче теплоносителя. Установка ИТП экономит от 15 до 30% расходов.

1.3 Основные решения по отоплению здания

Исходя из вышеперечисленных методов теплоснабжения принимаем следующие решения.

В здании определяем водяную, двухтрубную систему отопления по вертикальной нижней разводке, которая подключается к индивидуальному тепловому пункту. Теплоноситель – вода с параметрами 90/70 °С

В качестве источника тепла выбираем наружные тепловые сети. Определяем параметры по источнику теплоснабжения – АО «Красноярская ТЭЦ-3»; фактическое давление - в подающем трубопроводе $P = 8,9 \text{ кгс/см}^2$, в обратном трубопроводе $P = 5,6 \text{ кгс/см}^2$; расчетный температурный график: 150/70 °С.

На присоединение к тепловым сетям выбираем индивидуальный тепловой пункт с независимым присоединением системы отопления и закрытой системы ГВС.

В составе ИТП предусмотрено горячее водоснабжение по закрытой схеме от теплообменника ГВС. Температура горячей воды согласно СанПиН 2.1.4.2496-09 в местах водоразбора независимо от применяемой системы теплоснабжения должна быть не ниже 60 °С и не выше 75 °С.

Для трубопроводов отопления определяем трубы стальные водогазопроводные черные (ГОСТ 3262-75). Для внутренних сетей холодного и горячего водоснабжения стальные водогазопроводные оцинкованные обыкновенные трубы (ГОСТ 3262-75).

Снабжение холодной водой здания предусматривается от существующего ввода $\phi 50$. На вводе установлен водомерный узел со счетчиком расхода воды ВСХ-40. Предусмотрена объединенная система хоз-питьевого и противопожарного водопровода.

Трубы, проходящие по подвалу здания изолированы: $\phi 15, 20 \text{ мм}$ – шнуром теплоизоляционным из минеральной ваты в оплетке из нити стеклянной М250

ТУ36-1695-79; ϕ 25-50 конструкциями полносборными теплоизоляционными ТУ36-1180-85 из матов строительных из штапельного стекловолокна МС-35.

На рисунке 4 представлен температурный график системы отопления.

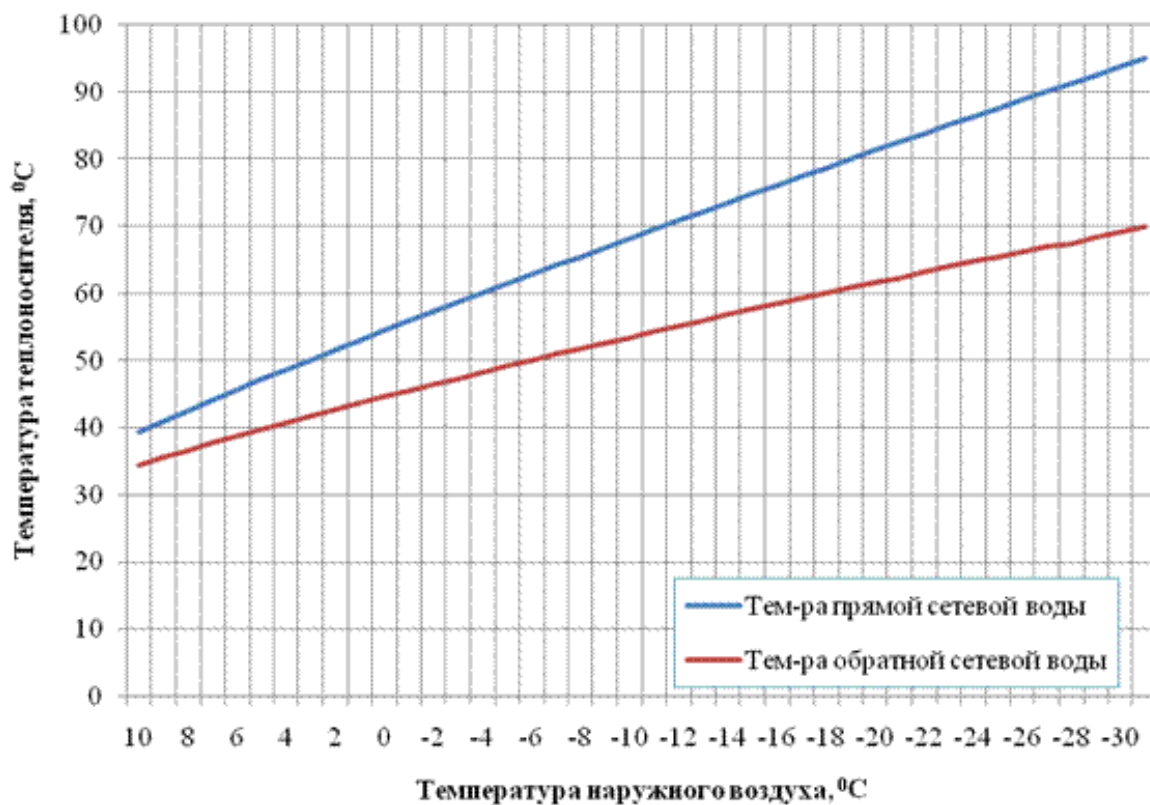


Рисунок 4 – Температурный график системы отопления

2. Тепловая нагрузка

2.1 Описание проектируемого объекта

Район расположения – г. Красноярск.

Согласно СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий (табл. 1, 2) принимаем: [1]

- климатический район – сухая зона;
- влажностный режим помещений здания - нормальный;
- условия эксплуатации – Б.

В отапливаемый объем здания входит объем, ограниченный внутренними поверхностями наружных ограждений здания (СП 50.13330.2012 прил. Б п.10).

В соответствии с СП 131.13330.2018 Строительная климатология (п. 3.1 табл. 3.1) выбираем климатические параметры холодного периода года: [2]

- Температура воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98 - $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$, обеспеченностью 0,92 - $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98 - $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$, обеспеченностью 0,92 - $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Температура воздуха обеспеченностью 0,94 - $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Продолжительность и средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно: 235 сут; $-6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В соответствии с ТКП 45-1.04-208-2010 Здания и сооружения. Тех. Состояние и обслуживание строительных конструкций и инженерных систем (п. 6.2.6) в неотапливаемых подвалах и технических подпольях температура воздуха должна поддерживаться не ниже $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность - не более 65% и не менее чем однократный воздухообмен. Принимаем температуру в неотапливаемом подвале равной $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. [8]

В соответствии со следующими нормативными документами определяем параметры микроклимата при отоплении и вентиляции помещений:

- ГОСТ 32670-2014 Услуги бытовые. Услуги бань и душевых. Общие технические условия (п.5.31 табл. 1, п. 5.32)

- СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха (п. 5.1 б, г, д)

- ГОСТ 30494-2014 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (п. 3; табл. 3)

- СТО НОП 2.1-2014 Требования по составу и содержанию энергетического паспорта жилого и общественного здания (п. 6.2)

В холодный период года в обслуживаемой зоне общественных и административно-бытовых зданий температуру воздуха следует принимать минимальную из допустимых температур при отсутствии избытков явной теплоты в помещениях. [5]

В таблице 1 приведена характеристика помещений здания.

Таблица 1 – Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне здания

№ помещения	Наименование помещения	Категория помещения	Темп-ра воздуха, °С	Относит. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
1	2	3	4	5	6
1 этаж					
101	Фойе	3в	18	60	0,3
102	Вестибюль с гардеробом	б	18	60	Не нормируется
103	Бассейн	б	27	70	Не нормируется
104	Вентиляционная камера	б	14	Не нормируется	Не нормируется
105	Парильная (турецкая баня)	б	40	90	Не нормируется
106	Парильная (турецкая баня)	б	40	90	Не нормируется
107	Сауна	б	70	8	Не нормируется
108	Сауна	б	70	8	Не нормируется
109	Парильная (русская баня)	б	45	25	Не нормируется
110	Парильная (русская баня)	б	45	25	Не нормируется
111	Раздевальная	б	24	70	Не нормируется
112	Бойлерная	б	14	Не нормируется	Не нормируется
113	Душевая	-	24	70	0,2
114	Оборуд. бассейна	б	14	Не нормируется	Не нормируется

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
115	Комната директора	2	18	60	0,3
116	Технические помещения	6	15	60	Не нормируется
117	Комната адм.	2	18	60	0,3
118	Хлораторные	6	14	Не нормируется	Не нормируется
119	Бассейн	6	10	95	Не нормируется
120	Туалетная комната	6	20	Не нормируется	Не нормируется
121	Подсобная	6	15	60	Не нормируется
2 этаж					
201	Торговый зал	3в	16	60	0,3
202	Туалетная комната	6	14	Не нормируется	Не нормируется
203	Офис	2	18	60	0,3
204	Офис	2	18	60	0,3
205	Офис	2	18	60	0,3
206	Офис	2	18	60	0,3
207	Офис	2	18	60	0,3
208	Кладовая	6	14	Не нормируется	Не нормируется
209	Кладовая	6	14	Не нормируется	Не нормируется
210	Кладовая	6	14	Не нормируется	Не нормируется
211	Технические помещения	6	14	Не нормируется	Не нормируется

2.2 Основные конструктивные решения здания

Стены:

- монолит (бетон);
- утеплитель ISOVER;
- кирпич лицевой 1НФ

Пол над неотапливаемым подвалом:

- покрытие – линолеум «Sinteros Comfort»;
- плита керамическая;
- стяжка бетонная;
- ж.б. плита.

Пол на втором этаже:

- покрытие – линолеум «Sinteros Comfort»;
- стяжка цементно – песчаная;
- звукоизоляция;
- ж. б. плита.

Потолочное перекрытие:

- потолок;
- стяжка бетонная;
- теплоизоляция;
- воздушная прослойка;
- ж. б. плита тонкостенная ребристая

Выбираем конструкцию окон:

- для 1 этажа: двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете из обычного стекла (с межстекольным расстоянием 12 мм) Trocal . Характеристики: размер 1160 * 1470 мм – 2 шт, коэффициент теплопередачи $k_{до} = 1,85 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$.
- для 2 этажа: двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете из обычного стека (с межстекольным расстоянием 8 мм) Trocal. Характеристики: размер 1160 * 1770 мм – 2 шт, 1160 * 1470 мм – 5 шт, коэффициент теплопередачи $k_{до} =$

$2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$; двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла с твердым селективным покрытием Trocal. Характеристики: размер 1160 * 2670 мм – 6 шт, коэффициент теплопередачи $k_{до} = 1,72 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$.

Выбираем входную дверь SNEGIR45PPRAL8017. Размер 2100 * 1000 мм.

2.3 Расчет тепловой защиты здания

Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям: [1]

- Приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений;
- Удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения.

В соответствии с СП 50.13330.2012 (п. 5) произведем расчет нормируемого значения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции $R_o^{\text{норм}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ (согласно п. 5.2 формула 5.1).

$$R_o^{\text{норм}} = R_o^{\text{тр}} m_p \quad (1)$$

где $R_o^{\text{тр}}$ – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$, зависящее от ГСОП и региона строительства (принимается согласно табл. 3);

m_p – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства, принимается равным 1.

Рассчитаем градусо-сутки отопительного периода ГСОП, $\frac{\text{°C} \cdot \text{сут}}{\text{год}}$ (согласно п. 5.2 формула 5.2):

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) z_{\text{от}} \quad (2)$$

где $t_{от}$, $z_{от}$ – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность отопительного периода, $\frac{сут}{год}$, принимаемые для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °С;

$t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С.

Так как расчетные величины ГСОП отличаются от табличных, значение R_0^{TP} определим по формуле (3):

$$R_0^{TP} = a * \text{ГСОП} + b \quad (3)$$

где a , b – коэффициенты, значения которых принимают для соответствующих групп зданий по таблице 2.

Таблица 2 - Значения коэффициентов a , b для общественных зданий

	Стены	Покрытия	Перекрытия чердачные	Окна и балконные двери
a	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005
b	1,2	1,6	1,3	0,2

Полученные результаты расчетов сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчет сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций

№ пом.	ГСОП, $\frac{°C * сут}{год}$	Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $R_0^{норм}, \frac{m^2 * °C}{Вт}$			
		Стены	Полы	Перекрытия	Окна и двери
1	2	3	4	5	6
1 этаж					
101	5757,5	2,927	3,903	3,315	0,488
102	5757,5	2,927	3,903	3,315	0,488
103	7872,5	3,562	4,749	4,055	0,594
104	4817,5	2,645	3,527	2,986	0,441
105	10927,5	4,478	5,971	5,125	0,746

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
106	10927,5	4,478	5,971	5,125	0,746
107	17977,5	6,593	8,791	7,592	1,099
108	17977,5	6,593	8,791	7,592	1,099
109	12102,5	4,831	6,441	5,536	0,805
110	12102,5	4,831	6,441	5,536	0,805
111	7167,5	3,350	4,467	3,809	0,558
112	4817,5	2,645	3,527	2,986	0,441
113	7167,5	3,350	4,467	3,809	0,558
114	4817,5	2,645	3,527	2,986	0,441
115	5757,5	2,927	3,903	3,315	0,488
116	5052,5	2,716	3,621	3,068	0,453
117	5757,5	2,927	3,903	3,315	0,488
118	4817,5	2,645	3,527	2,986	0,441
119	3877,5	2,363	3,151	2,657	0,394
120	6227,5	3,068	4,091	3,480	0,511
2 этаж					
201	5287,5	2,786	3,715	3,151	0,464
202	4817,5	2,645	3,527	2,986	0,441
203	5757,5	2,927	3,903	3,315	0,488
204	5757,5	2,927	3,903	3,315	0,488
205	5757,5	2,927	3,903	3,315	0,488
206	5757,5	2,927	3,903	3,315	0,488
207	5757,5	2,927	3,903	3,315	0,488
208	4817,5	2,645	3,527	2,986	0,441
209	4817,5	2,645	3,527	2,986	0,441
210	4817,5	2,645	3,527	2,986	0,441

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче определяем по формуле (4):

$$R = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{нар}} \quad (4)$$

где $\alpha_{вн}$, $\alpha_{нар}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней и наружной поверхности ограждающей поверхности соответственно, $\frac{Вт}{м^2 * °C}$, принимаемый по СП 50.13330.2012 (табл. 4, 6);

δ – толщина слоя, м, принимается по заданию-схеме);

λ – теплопроводность слоя, $\frac{Вт}{м * °C}$, принимаем по СП 50.13330.2012 (табл. Т.1)

Принимаем расчетные значения для наружных стен, пола, наружной двери и перекрытия по таблицам 4-7.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета теплотерь через наружные стены

Обозначение	Единица измерения	Значение
$\alpha_{вн}$	$\frac{Вт}{м^2 * °C}$	8,7
$\alpha_{нар}$	$\frac{Вт}{м^2 * °C}$	23
δ (бетон)	м	0,45
δ (утеплитель)	м	0,1
δ (кирпич)	м	0,088
λ (бетон)	$\frac{Вт}{м * °C}$	1,75
λ (утеплитель)	$\frac{Вт}{м * °C}$	0,04
λ (кирпич)	$\frac{Вт}{м * °C}$	0,41

Таблица 5 – Исходные данные для расчета теплотерь через пол

Обозначение	Единица измерения	Значение
$\alpha_{вн}$	$\frac{Вт}{м^2 * °С}$	8,7
δ (линолеум)	м	0,03
δ (плита керамика)	м	0,04
δ (стяжка)	м	0,03
δ (ж. б. плита)	м	0,2
λ (линолеум)	$\frac{Вт}{м * °С}$	0,23
λ (плита керамика)	$\frac{Вт}{м * °С}$	0,4
λ (стяжка)	$\frac{Вт}{м * °С}$	1,2
λ (ж. б. плита)	$\frac{Вт}{м * °С}$	1,69

Таблица 6 – Исходные данные для расчета теплотерь через наружную дверь

Обозначение	Единица измерения	Значение
$\alpha_{вн}$	$\frac{Вт}{м^2 * °С}$	8,7
$\alpha_{нар}$	$\frac{Вт}{м^2 * °С}$	23
δ (монолит)	м	0,095
δ (сталь полотна)	м	0,0012
δ (сталь коробка)	м	0,0015
λ (монолит)	$\frac{Вт}{м * °С}$	0,66
λ (сталь полотна)	$\frac{Вт}{м * °С}$	17,5
λ (сталь коробка)	$\frac{Вт}{м * °С}$	17,5

Таблица 7 – Исходные данные для расчета теплотерь через перекрытие

Обозначение	Единица измерения	Значение
$\alpha_{вн}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$	8,7
$\alpha_{нар}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$	23
δ (плита)	м	0,04
δ (стяжка)	м	0,05
δ (теплоизоляция)	м	0,15
δ (воздушная прослойка)	м	0,1
δ (ж. б. плита)	м	0,14
λ (плита)	$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$	0,45
λ (стяжка)	$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$	0,4
λ (теплоизоляция)	$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$	0,25
λ (воздушная прослойка)	$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$	2,3
λ (ж. б. плита)	$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$	1,92

Таким образом, получаем следующие значения термических сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций:

- Стены - $R = 3,130 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$;
- Пол - $R = 2,100 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$;
- Перекрытие - $R = 2,700 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$;
- Дверь - $R = 0,300 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$.

Определяем согласно СП 50.13330.2012 (п. 5.5 табл. 7) нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания $k_{об}^{тр}$, $\frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$, зависящей от отапливаемого объема здания и ГСОП района строительства.

Отапливаемый объем равен 4538,88 м³.

Для промежуточного значения величины объема здания и ГСОП величину $k_{об}^{тр}$ рассчитаем по формуле (5), для которой $V_{от} > 960$:

$$k_{об}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61} \quad (5)$$

$$k_{об}^{тр} = 0,0801 \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$$

2.4 Расчет теплопоступлений и тепловых потерь помещений

Расчет тепловых потерь помещений ведем по формуле (6):

$$Q_{пот} = Q_{огр} + Q_{вент} \quad (6)$$

где $Q_{огр}$ – теплопотери через наружные ограждения, Вт

$Q_{вент}$ – расход теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха, Вт.

Расчет теплопоступлений ведем по формуле (7):

$$Q_{выд} = Q_{инс} + Q_{быт} \quad (7)$$

где $Q_{инс}$ – теплопоступления от солнечной радиации через покрытие, Вт

$Q_{быт}$ – бытовые тепловыделения, Вт.

2.4.1 Определение расчетных тепловых потерь через наружные ограждения

В отапливаемых зданиях при наличии разности температур между внутренним и наружным воздухом постоянно происходят потери тепла через ограждающие конструкции: наружные стены, полы и проемы (окна, двери). Системы отопления должны восполнять эти потери, поддерживая в помещениях внутреннюю температуру, требующуюся по санитарным нормам. [11]

Теплопотери через наружные ограждения определяются исходя из суммы потерь через наружные стены, окна, пол, потолок и наружную дверь:

$$Q_{\text{огр}} = Q_{\text{нс}} + Q_{\text{до}} + Q_{\text{пт}} + Q_{\text{пт}} + Q_{\text{дн}} \quad (8)$$

Потери тепла определяются для каждого отапливаемого помещения (кроме санитарных узлов и лестничных клеток) последовательно через отдельные ограждения.

Каждое помещение нумеруется трехзначным числом, в котором первая цифра – этаж, вторая и третья – номер помещения на этаже.

Наименования ограждений обозначаются следующим образом:

НС – наружная стена;

ДО – двойное остекление;

ПЛ – пол;

ПТ – потолок;

ДН – дверь наружная.

Теплопотери через наружные ограждения определяются по формуле (9):

$$Q_{\text{огр}} = kF\Delta t \quad (9)$$

Коэффициент теплопередачи $k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$, ограждения – это величина обратная общему термическому сопротивлению теплопередаче через ограждение: $k = \frac{1}{R}$.

Разность температур будет равна: $\Delta t = t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}$,

где $t_{\text{вн}}$ – температура воздуха в помещении, °С;

$t_{\text{нар}}$ – температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, °С.

Площадь поверхности F определяется для каждой ограждающей конструкции.

Принимаются следующие линейные размеры ограждений:

- площадь потолков и полов – по размерам между осями внутренних стен и от внутренней поверхности наружных стен;
- высота стен первого этажа – по размеру от уровня чистого пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;
- высота стен верхнего этажа – от уровня пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия;
- длина наружных стен: угловых помещений – по внешнему периметру от линии пересечения наружных стен до осей внутренних стен; неугловых помещений – между осями внутренних стен;
- длина внутренних стен – между осями.

Все расчетные данные по тепловым потерям через наружные ограждения сведены в таблицу 8.

Таблица 8 - Теплотери через наружные ограждающие конструкции

№ пом.	Обознач. ограждения	$k_{\text{ОГР}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$	$F, \text{м}^2$	$\Delta t, \text{°С}$	$Q_{\text{ОГР } i}, \text{Вт}$	$\Sigma Q_{\text{ОГР } i}, \text{Вт}$
1	2	3	4	5	6	7
1 этаж						
101	НС1	0,32	17,58	55	308,89	1301,69
	НС2	0,32	37,15	55	652,79	
	ПЛ	0,48	71,40	10	340,01	
	ДН	0,3	2,10	55	34,65	

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7
102	НС1	0,32	19,39	55	340,73	468,86
	ПЛ	0,48	33,63	8	128,13	
105	НС1	0,32	18,82	61	366,68	522,08
	ПЛ	0,48	32,63	10	155,40	
106	НС1	0,32	19,87	61	387,26	1369,62
	НС2	0,32	25,19	61	490,91	
	ДО	1,85	1,71	77	242,91	
	ПЛ	0,48	52,20	10	248,55	
107	НС1	0,32	19,42	61	378,53	558,03
	ПЛ	0,48	37,69	10	179,50	
108	НС1	0,32	15,81	61	308,06	454,14
	ПЛ	0,48	30,68	10	146,08	
109	НС1	0,32	17,15	61	334,25	492,75
	ПЛ	0,48	33,29	10	158,50	
110	НС1	0,32	15,33	61	298,71	827,61
	НС2	0,32	19,87	61	387,26	
	ПЛ	0,48	29,75	10	141,65	
115	НС1	0,32	6,00	55	105,38	304,65
	ДО	1,85	1,71	55	173,50	
	ПЛ	0,48	6,76	8	25,76	
116	НС1	0,32	7,79	52	129,44	163,01
	ПЛ	0,48	14,10	5	33,57	
117	НС1	0,32	9,41	55	165,31	191,07
	ПЛ	0,48	6,76	8	25,76	
118	НС1	0,32	12,00	51	195,51	236,87
	ПЛ	0,48	21,71	4	41,36	

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7
121	НС1	0,32	19,39	52	322,15	356,78
	ПЛ	0,48	14,54	5	34,63	
2 этаж						
201	НС1	0,32	49,41	53	836,57	28200,93
	НС2	0,32	67,80	53	1147,98	
	НС3	0,32	85,56	53	1448,69	
	6 ДО	1,72	18,58	53	1694,04	
	ПТ	0,91	472,14	53	22748,56	
202	НС1	0,32	19,49	51	317,52	1455,42
	ПТ	0,91	24,54	51	1137,90	
203	НС1	0,32	7,38	55	129,72	704,82
	ПТ	0,91	11,50	55	575,10	
204	НС1	0,32	6,29	55	110,60	616,85
	ПТ	0,91	10,13	55	506,25	
205	НС1	0,32	5,65	55	99,36	565,11
	ПТ	0,91	9,32	55	465,75	
206	НС1	0,32	13,78	55	242,17	2104,87
	НС2	0,32	16,19	55	284,41	
	ДО1	2	1,71	55	187,57	
	ДО2	2	2,05	55	225,85	
	ПТ	0,91	23,30	55	1164,86	
207	НС1	0,32	13,09	55	230,02	1272,39
	ДО1	2	1,71	55	187,57	
	ДО2	2	2,05	55	225,85	
	ПТ	0,91	30,88	55	1543,78	

Всего по зданию $Q_{огр} = 43082,39$ Вт.

2.4.2 Определение расчетных тепловых потерь с учетом инфильтрации (вентиляция)

Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха определяется по формуле (10): [1]

$$Q_{\text{ВЕНТ}} = 0,28c n_{\text{В}} \beta \rho_{\text{В}}^{\text{ВЕНТ}} V_{\text{ОТ}} \Delta t \quad (10)$$

где $V_{\text{ОТ}}$ – отапливаемый объем помещения, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений, м^3

c – удельная теплоемкость воздуха, $\frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, равная

$c = (0,956 + 0,000093t_{\text{ВН}}) * 1000 * 0,000278$ (Нащокин В. В. - Техническая термодинамика и теплопередача, табл. XIV)

$\rho_{\text{В}}^{\text{ВЕНТ}}$ – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$,

равная $\rho_{\text{В}}^{\text{ВЕНТ}} = \frac{353}{273+t_{\text{нар}}}$ (СП 50.13330.2012 прил. Г, п. Г.2, ф. Г.3)

$n_{\text{В}}$ – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч^{-1} .

Рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации согласно СП 50.13330.2012 (прил. Г, п. Г.3, ф. Г.4):

$$n_{\text{В}} = \frac{L_{\text{ВЕНТ}} n_{\text{ВЕНТ}}}{168} + \frac{G_{\text{инф}} n_{\text{инф}}}{168 \rho_{\text{В}}^{\text{ВЕНТ}}} / \beta V \quad (11)$$

где $L_{\text{ВЕНТ}}$ – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, $\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$. Для культурно-досуговых комплексов (1 этаж) равно $10F$, для офисов и складов (2 этаж) равно $4F$ (F – расчетная площадь, м^2);

$n_{\text{ВЕНТ}}$ – число часов работы механической вентиляции в течении недели, принимаем 168 ч при круглосуточной работе;

$G_{\text{инф}}$ – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, $\frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Для общественных зданий в нерабочее время в зависимости от этажности здания: принимаем – до трех этажей – равное $0,1\beta V$;

$n_{\text{инф}}$ – число часов учета инфильтрации в течении недели, равное 168 ч для зданий с сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией;

β – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций, равный 0,85.

Средние кратности воздухообмена находятся для каждого помещения в отдельности.

Результаты расчета тепловых потерь с учетом инфильтрации по отдельным помещениям здания представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет теплотерь помещений с учетом инфильтрации

№ пом.	$c, \frac{\text{Вт} * \text{ч}}{\text{кг} * \text{К}}$	$L_{\text{вент}}, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$	$n_{\text{вент}}, \text{ч}$	$G_{\text{инф}}, \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$	$n_{\text{в}}, \text{ч}^{-1}$	$V_{\text{от } i}, \text{м}^3$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$Q_{\text{вент } i}, \text{Вт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 этаж								
101	0,27	714,02	168	19,42	3,83	228,48	55	4556,93
103	0,27	78,18	168	2,13	3,83	25,02	64	581,07
104	0,27	139,95	168	3,81	3,83	44,78	51	827,89
105	0,27	326,34	168	8,88	3,83	104,43	77	2922,07
106	0,27	521,95	168	14,20	3,83	167,02	77	4673,58
107	0,27	376,95	168	10,25	3,83	120,62	107	4703,86
108	0,27	306,77	168	8,34	3,83	98,17	107	3828,18
109	0,27	332,86	168	9,05	3,83	106,51	82	3175,48
110	0,27	297,46	168	8,09	3,83	95,19	82	2837,79
111	0,27	474,52	168	12,91	3,83	151,85	61	3360,76
112	0,27	280,69	168	7,63	3,83	89,82	51	1660,45

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
113	0,27	99,96	168	2,72	3,83	31,99	61	707,96
115	0,27	67,62	40	1,84	1,02	21,64	55	115,61
116	0,27	140,99	168	3,83	3,83	45,12	52	850,47
117	0,27	67,62	168	1,84	3,83	21,64	55	431,56
118	0,27	217,13	168	5,91	3,83	69,48	51	1284,44
119	0,27	157,58	168	4,29	3,83	50,43	47	858,77
120	0,27	272,70	168	7,42	3,83	87,26	57	1804,04
2 этаж								
201	0,27	1888,56	84	128,42	0,88	1510,85	53	6714,20
202	0,27	98,17	84	6,68	0,88	78,54	51	335,78
203	0,27	46,01	48	3,13	0,57	36,81	55	109,31
204	0,27	40,50	48	2,75	0,57	32,40	55	96,23
205	0,27	37,26	48	2,53	0,57	29,81	55	88,53
206	0,27	93,19	48	6,34	0,57	74,55	55	221,41
207	0,27	123,50	48	8,40	0,57	98,80	55	293,43
208	0,27	47,04	48	3,20	0,57	37,63	51	103,60
209	0,27	141,32	84	9,61	0,88	113,06	51	483,37

Всего по зданию $Q_{\text{ВЕНТ}} = 47972,43$ Вт.

2.4.3 Расчет тепlopоступлений от солнечной радиации

Тепlopоступления от солнечной радиации учитывают в тепловом балансе помещений при наружной температуре 10°C и выше. Тепlopоступления от солнечной радиации через стены не учитывают. [7]

Тепlopоступления через светопрозрачные части окон определяются согласно СТО НОП 2.1-2014 (п. 8.5) по формуле (12):

$$Q_{\text{инс}} = \tau_1 \tau_2 \sum F_{\text{ок}i} I_i \quad (12)$$

где $F_{\text{ок}i}$ – площадь световых проемов, м^2

τ_1 и τ_2 - коэффициент затенения непрозрачными элементами и коэффициент относительного пропускания солнечной радиации окон (принимается по СТО НОП 2.1-2014 прил В, табл. В.3). Так с учетом вида заполнения светового проема, $\tau_1 = 0,8$ и $\tau_2 = 0,74$;

I_i – суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная) на горизонтальную или вертикальную поверхность при безоблачном небе, $\frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}$ (принимается по СП 131.13330.2018 п. 8, 9, табл. 8.1, 9.1), зависящая от ориентации по сторонам света. Учитывая географическую широту района расположения здания, равную 56° с. ш., определим значения I_i для самого холодного месяца:

- солнечная радиация на горизонтальную поверхность: $112 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}$
- солнечная радиация на вертикальную поверхность, с учетом ориентации:
С – $57 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}$, В/З – $100 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}$, Ю – $358 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}$

Результаты расчета теплоступлений по отдельным окнам представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет теплопоступлений через световые проемы от солнечной радиации

№ помещения	Характеристики ограждения		$q_{из}, \frac{МДж}{м^2}$	$Q_{инс i}$	
	Ориентация	F, м ²		МДж	Вт
1	2	3	4	5	6
106	ю	1,71	358	366,28	11,61
115	з	1,71	100	102,31	3,24
201	в	9,29	100	557,50	17,68
	с	9,29	57	317,77	10,08
203	з	1,71	100	102,31	3,24
204	з	1,71	100	102,31	3,24
205	з	1,71	100	102,31	3,24
206	ю	2,05	358	441,03	13,98
	з	1,71	100	102,31	3,24
207	ю	3,76	358	807,30	25,60

Всего по зданию $Q_{инс} = 95,17$ Вт.

2.4.4 Расчет технологических тепловыделений

Величину технологических (бытовых) тепловыделений определяем по формуле (13):

$$Q_{быт} = q_{быт} F \quad (13)$$

где F - полезная площадь помещений общественного здания, м²

$q_{быт}$ – величина удельных бытовых тепловыделений на 1 м² расчетной площади здания, $\frac{Вт}{м^2}$ (согласно СП 50.13330.2012 прил Г. п. Г.5 г). Учитываем по

расчетному числу людей ($90 \frac{\text{Вт}}{\text{чел}}$), находящихся в здании и оргтехники ($10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$) с учетом рабочих часов в неделю. [1]

Результаты расчета бытовых тепловыделений по отдельным помещениям здания представлены в таблице 8.

Таблица 11 – Расчет технологических теплопоступлений в помещения здания

№ пом.	F, м ²	Кол-во людей	Значение по расчетному числу людей, Вт/чел	Значение по оргтехнике, Вт/м ²	Q _{быт} , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	Q _{быт i} , Вт
1	2	3	4	5	6	7
1 этаж						
101	71,40	12	7,50	7,14	14,64	1045,33
105	32,63	6	15,00	3,26	18,26	596,01
106	52,20	9	10,00	5,22	15,22	794,38
107	37,69	7	12,86	3,77	16,63	626,74
108	30,68	6	15,00	3,07	18,07	554,27
109	33,29	6	15,00	3,33	18,33	610,08
110	29,75	5	18,00	2,97	20,97	623,91
111	47,45	8	11,25	4,75	16,00	759,00
113	10,00	2	45,00	1,00	46,00	459,81
116	14,10	3	30,00	1,41	31,41	442,84
117	6,76	2	45,00	0,68	45,68	308,86
119	15,76	3	30,00	1,58	31,58	497,58
120	27,27	6	15,00	2,73	17,73	483,42
2 этаж						
201	472,14	108	0,08	0,00	0,08	35,77
202	24,54	5	18,00	2,45	20,45	502,01
203	11,50	2	45,00	1,15	46,15	530,82

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5	6	7
204	10,13	2	45,00	1,01	46,01	465,88
205	9,32	2	45,00	0,93	45,93	427,85
206	23,30	4	22,50	2,33	24,83	578,46
207	30,88	6	15,00	3,09	18,09	558,46

Всего по зданию $Q_{\text{БЫТ}} = 10901,47$ Вт.

2.5 Тепловой баланс

Тепловой баланс зданий и сооружений позволяет установить соотношение между тепловыми потерями и количеством тепла, выделяемым различными источниками внутри зданий и сооружений. Тепловой баланс помещения определяется как сумма всех тепло поступлений (от отопительных приборов, людей, оборудования) за вычетом всех теплопотерь (инфильтрация наружного воздуха, нагрев приточного воздуха, теплопотери через ограждающие конструкции). [13]

В зданиях с постоянным тепловым режимом тепловую мощность отопительной установки, для компенсации недостатка теплоты в помещениях определяют суммированием разностей теплопотерь и теплопоступлений в каждом помещении. Согласно СТО НОП 2.1-2014 (п. 9.1 ф. 20) требуемая мощность системы отопления определяется по формуле (14):

$$Q_{\text{ОТ}} = (Q_{\text{ОГР}} + Q_{\text{ВЕНТ}} - Q_{\text{ИНС}} - Q_{\text{БЫТ}})\beta_{\text{mn}} \quad (14)$$

где β_{mn} - коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери системы отопления, связанные с теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения. Принимаем по СТО НОП 2.1-2014 (п. 8.1) равным 1,13.

Таким образом, $Q_{OT} = 90465,73$ Вт.

Таблица 12 – Тепловой баланс помещений здания

№ помещения	Теплопотери		Теплопоступления		$Q_{OT}, \text{Вт}$
	$Q_{OGR}, \text{Вт}$	$Q_{VENT}, \text{Вт}$	$Q_{ИЗЛ}, \text{Вт}$	$Q_{БЫТ}, \text{Вт}$	
1	2	3	4	5	6
101	1301,69	4556,93		1045,33	5439,02
102	468,86	0,00		0,00	529,81
103		581,07		0,00	656,61
104		827,89		0,00	935,52
105	522,08	2922,07		596,01	3218,40
106	1369,62	4673,58	11,61	794,38	5918,03
107	558,03	4703,86		626,74	5237,72
108	454,14	3828,18		554,27	4212,70
109	492,75	3175,48		610,08	3455,72
110	827,61	2837,79		623,91	3436,89
111		3360,76		759,00	2939,99
112		1660,45		0,00	1876,30
113		707,96		459,81	280,41
114		0,00		0,00	0,00
115	304,65	115,61	3,24	0,00	471,22
116	163,01	850,47		442,84	644,82
117	191,07	431,56		308,86	354,55
118	236,87	1284,44		0,00	1719,08
119		858,77		497,58	408,13
120		1804,04		483,42	1492,31
121	356,78	0,00		0,00	403,16
201	28200,93	6714,20	27,75	35,77	39382,32
202	1455,42	335,78		502,01	1456,79

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6
203	704,82	109,31	3,24	530,82	316,48
204	616,85	96,23	3,24	465,88	275,67
205	565,11	88,53	3,24	427,85	251,47
206	2104,87	221,41	17,23	578,46	1955,57
207	2187,23	293,43	25,60	558,46	2143,15
208		103,60		0,00	117,07
209		483,37		0,00	546,21
210		125,13		0,00	141,40
211		220,53		0,00	249,20
Всего	43082,39	47972,43	95,17	10901,47	90465,73

Определяем в соответствии с приказом Минстроя России от 17.11.17 г №1550 (таблица 2) базовый уровень нормируемого удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию: $q_h = 30,8 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2\cdot^\circ\text{С}\cdot\text{сут}}$.

Соответственно показатель энергоэффективности:

$$q_h = \frac{30,8 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}})}{24} = 70 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \left(0,014 \frac{\text{м}^2}{\text{Вт}} \right) \quad (15)$$

Расчетный показатель энергоэффективности составит:

$$q_h^p = \frac{Q_{\text{от}}}{S} = \frac{90465,73}{1400} = 64,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \left(0,015 \frac{\text{м}^2}{\text{Вт}} \right) \quad (16)$$

Можно сделать вывод о том, что здание является энергоэффективным. Присвоен высокий класс энергоэффективности В.

2.6 Тепловой нагрузка на систему ГВС

В соответствии с СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий (п. 5.2.3 б) расход тепла для нагрева горячей воды на нужды горячего водоснабжения с учетом теплопотерь подающих и циркуляционных трубопроводов и оборудования (полотенцесушителей, водоподогревателей и др.) в течение часа максимального потребления горячей воды определяется по формуле (17):

$$Q_{ГВ} = 1,16q_{ГВ}(t_{Г} - t_{Х}) + Q_{пот} \quad (17)$$

где $t_{Г}$ - температура горячей воды в местах водоразбора, принимаем 65 °С согласно СП 30.13330.2016 (п. 5.1.2);

$t_{Х}$ - температура холодной воды на входе в водонагреватель, принимаем 5 °С;

$q_{ГВ}$ – норма расхода горячей воды в час наибольшего водопотребления, л. Принимаем согласно СП 30.13330.2016 (прил. А табл. А.2)

$Q_{пот}$ - потери теплоты подающим и циркуляционным трубопроводами и оборудования системы горячего водоснабжения, кВт. Определим согласно СП 30.13330.2016 (прил. В п. В.2) по формуле (18):

$$Q_{пот} = \sum Q_{пот}^i = \sum k(t_{ср} - t_{нар})l \quad (18)$$

где $Q_{пот}^i$ - теплопотери отдельных участков системы ГВС, Вт;

k - линейный коэффициент теплопередачи, $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ С}$;

$t_{ср}$ - средняя температура воды в трубопроводе, °С;

$t_{нар}$ - температура окружающего воздуха, °С;

l - длина участка трубопровода, м.

Расчет теплопотерь системы ГВС представлен в таблице 13.

Таблица 13 - Потери теплоты трубопроводами системы горячего водоснабжения

№ участка	l , м	$Q_{\text{пот}}^i$, Вт
1	19,4	41904
2	2,4	5184
3	2,1	4536
4	14,9	32184
5	3,5	7560
6	2,5	5400
7	2,8	6048
8	3,2	6912
9	2,5	5400
Сумма		115128

Таким образом, $Q_{\text{ГВ}} = 129,4$ кВт.

3. Подбор отопительного оборудования и оборудования ГВС

3.1 Тепловой расчет и подбор отопительных приборов

При выборе отопительных приборов необходимо учитывать их теплотехнические, санитарно-гигиенические, технико-экономические требования.

В зависимости от способа теплоотдачи приборы можно разделить на радиационные (потолочные отопительные панели и излучатели), конвективно-радиационные (секционные и панельные радиаторы, гладкотрубные приборы, напольные отопительные панели), конвективные (конвекторы и ребристые трубы). [17]

Размещаем отопительные приборы под окнами или у наружной стены в угловом помещении. При таком способе температура будет равномерно распространяться, что повысит температурный.

В качестве отопительного прибора принимаем биметаллический секционный радиатор Royal Thermo Revolution Bimetall 500, высота $H = 564$ мм. Внешний вид радиатора представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 - Внешний вид радиатора Royal Thermo

Европейский производитель Royal Thermo, специализирующийся на производстве продукции для систем отопления, представлен на российском рынке более 12 лет.

Биметаллический радиатор Revolution Bimetall производится в России на самом крупном и технически оснащенном заводе по производству радиаторов отопления методом литья под давлением в г. Киржач, Владимирской области. Дополнительные ребра на вертикальном коллекторе способствуют увеличению КПД радиатора и повышают его теплоотдачу на 5%. Данная технология запатентована под названием POWERSHIFT.

Надежность радиатора гарантируется полностью стальным коллектором, изготовленным из высокоуглеродистой стали марки 20, что исключает контакт теплоносителя с алюминием и предотвращает образование коррозии, и прочными межсекционными прокладками, выполненными из хлопка с добавлением графита и силикона, которые не теряют свою эластичность при эксплуатации, благодаря чему полностью исключено протекание прибора.

Таблица 14 - Технические характеристики одной секции

Межосевое расстояние, мм	Габаритные размеры, мм			Номинальный тепловой поток, Вт	Объем теплоносителя, л	Масса, кг
	Высота	Ширина	Глубина			
500	564	80	90	139	0,18	1,25

Рассчитаем температурный напор системы отопления. Находим дельту системы: это среднее арифметическое температур на входе и выходе (температурный график 90/70), за минусом температуры в помещении.

$$\theta = \frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}}{2} - t_{\text{вн}} \quad (19)$$

С учетом коэффициента, зависящего от температурного напора (таблица 15), найдем мощность, которую сможет выдать одна секция радиатора для данных условий.

Решение по отопительным приборам представлен в таблице 16.

Таблица 15 - Коэффициенты для систем отопления с разной дельтой температур

$\theta, ^\circ\text{C}$	К	$\theta, ^\circ\text{C}$	К	$\theta, ^\circ\text{C}$	К
10	0,18	50	0,65	62	0,85
35	0,43	53	0,7	65	0,91
40	0,48	56	0,75	66	0,93
42	0,51	58	0,78	68	0,96
46	0,58	60	0,82	70	1

Таблица 16 - Подбор отопительных приборов системы отопления

№ пом.	F, м²	Q_{от}, Вт	t_{вн}, °C	Кол-во секций радиатора, шт.	Тип выбранного отопительного прибора	Кол-во радиаторов, шт.
1	2	3	4	5	6	7
1 этаж						
101	71,40	5439,02	18	39	RT Revolution Bimetall 500 - 13	3
102	33,63	529,81	18	4	RT Revolution Bimetall 500 - 4	1
105	32,63	3218,40	24	23	RT Revolution Bimetall 500 - 11	2
106	52,20	5918,03	24	42	RT Revolution Bimetall 500 - 14	3
107	37,69	5237,72	24	37	RT Revolution Bimetall 500 - 12	3
108	30,68	4212,70	24	30	RT Revolution Bimetall 500 - 10	3
109	33,29	3455,72	24	24	RT Revolution Bimetall 500 - 12	2
110	29,75	3436,89	24	24	RT Revolution Bimetall 500 - 12	2
114	8,82	132,30	14	5	RT Revolution Bimetall 500 - 5	1
115	6,76	471,22	18	3	RT Revolution Bimetall 500 - 3	1

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6	7
116	14,10	644,82	15	4	RT Revolution Bimetall 500 - 4	1
117	6,76	354,55	18	3	RT Revolution Bimetall 500 - 3	1
2 этаж						
121	14,54	403,16	15	3	RT Revolution Bimetall 500 - 3	1
201	472,14	39382,32	16	280	RT Revolution Bimetall 500 - 14	20
202	24,54	1456,79	14	10	RT Revolution Bimetall 500 - 10	1
203	11,50	316,48	18	3	RT Revolution Bimetall 500 - 3	1
204	10,13	275,67	18	2	RT Revolution Bimetall 500 - 2	1
205	9,32	251,47	18	2	RT Revolution Bimetall 500 - 2	1
206	23,30	1955,57	18	14	RT Revolution Bimetall 500 - 14	1
207	30,88	2143,15	18	15	RT Revolution Bimetall 500 - 15	1

3.2 Подбор оборудования ИТП

Для обеспечения тепловой нагрузки здания устанавливаем индивидуальный тепловой пункт, план которого представлен на рисунке 6, а функциональная схема на рисунке 7.

Предусматриваем устройство приемка для дренажа трубопроводов теплового пункта.

Для трубопроводов ИТП выбираем стальные электросварные трубы (ГОСТ 10704-91), стальные ВГП трубы черные (ГОСТ 3262-75). Также трубопроводы теплоизолируем трубками теплоизоляционными Ру-Флекс и закрепляем на металлоконструкциях, закрепленных у стены.

В помещении ИТП устанавливаем шкаф управления на высоте 1,2 м от пола. Датчик температуры наружного воздуха устанавливаем на северном фасаде здания.

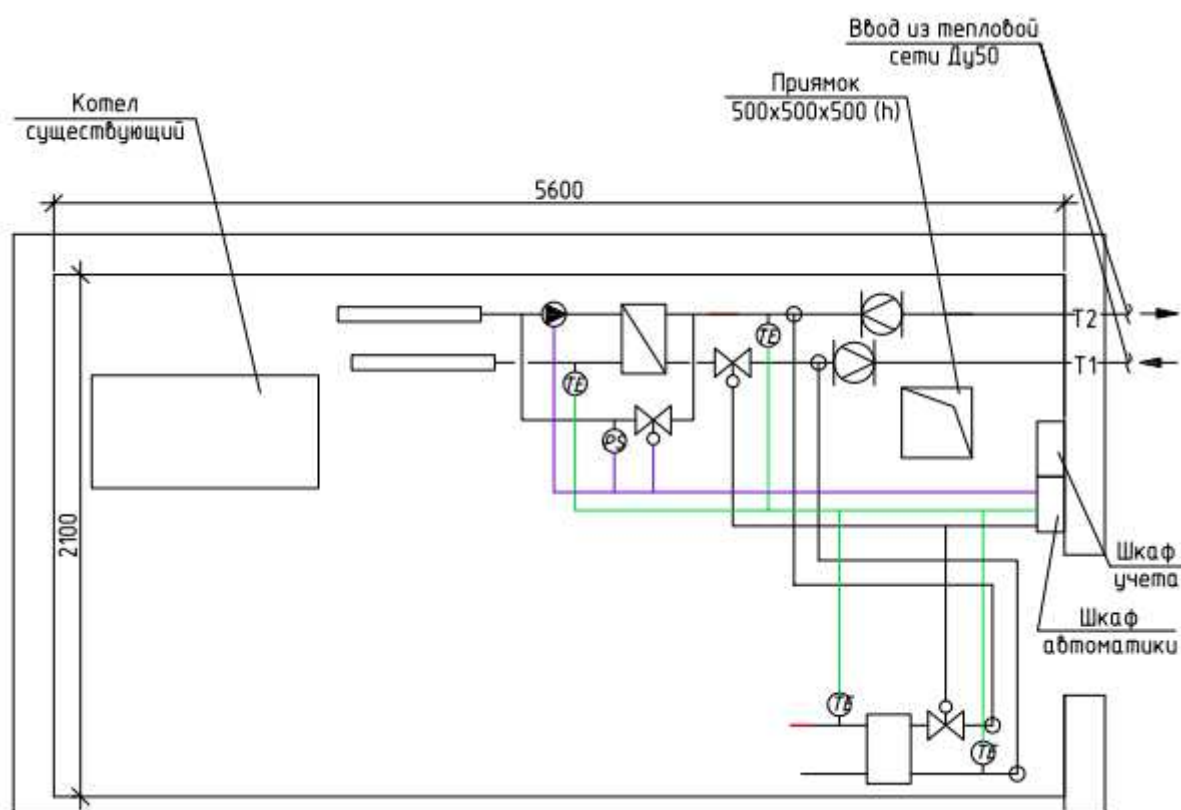


Рисунок 6 – План ИТП

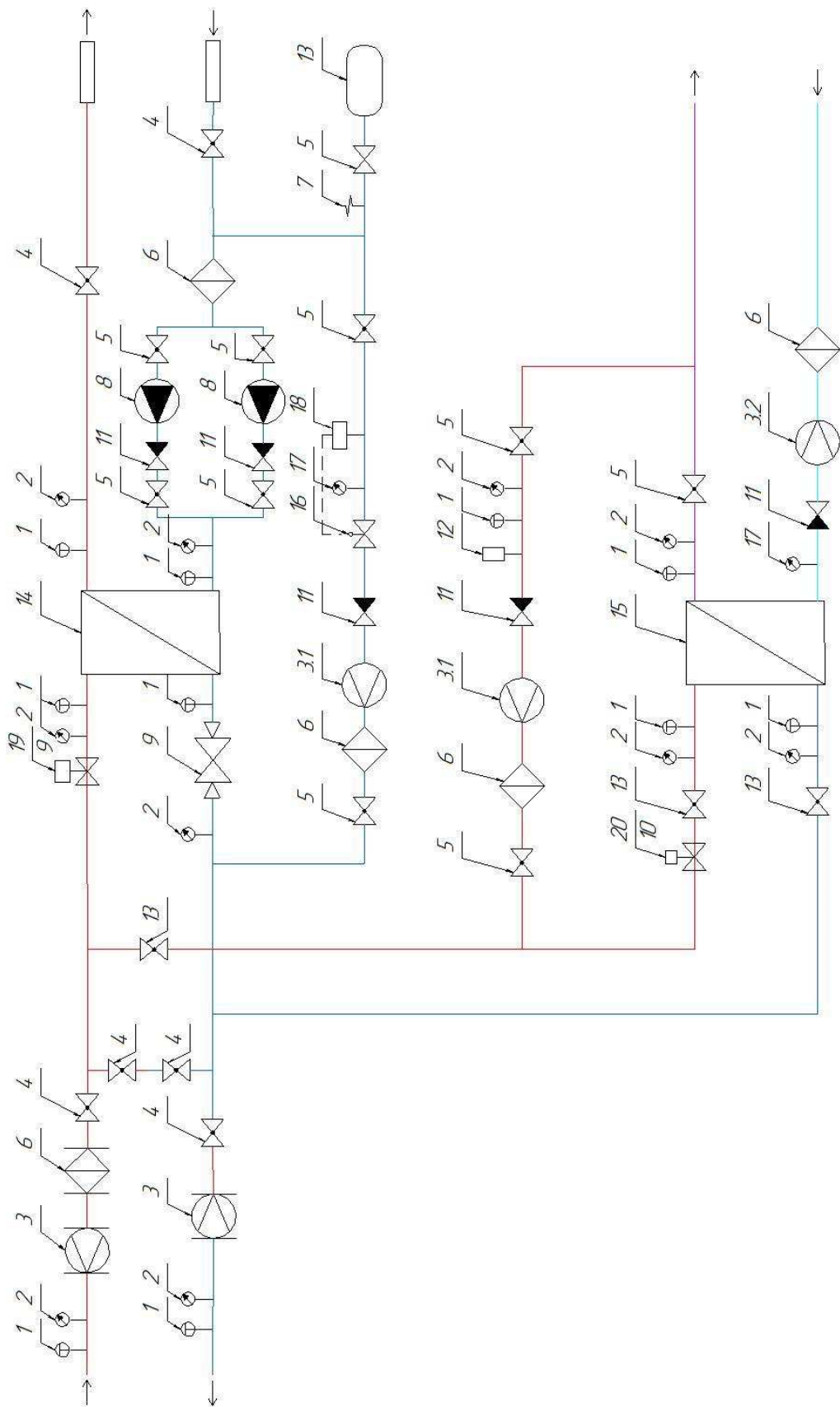


Рисунок 7 – ИТП. Функциональная схема

Таблица 17 – Спецификация оборудования ИТП

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед.	Примечание
1	2	3	4	5	6
1	БТ-51.211(0-160°C) G1/2/64/1,5	Термометр биметаллический осевой	10		0...160°C
2	МПЗ-УМУ2-16	Манометр технический радиальный	12		0...16 кгс/см ² G1/2
3	ПРЭМ-32—ГС Кл. С1	Преобразователь расхода	2		0,12-30 м ³ /ч
3.1	ВСТ-32 Кл. А	Счетчик горячей воды с имп выходом	2		0,24-12 м ³ /ч
3.2	ВСХ-32 Кл. В	Счетчик холодной воды с имп выходом	1		0,24-12 м ³ /ч
4	Темпег Ду50	Кран шаровой под приварку	6		PN40, T _{max} =200°C
5	Itap 098 Ду32	Кран шаровой с накидной гайкой	10		PN40, T _{max} =150°C
6	IS 16 F Ду25	Фильтр сетчатый фланцевый	5		PN16, T _{max} =300°C
7	ICMA Арт.254 Ду15	Мембранный предохранительный клапан	1		3 бар
8	CR 3-3 А-А-А-Е- HQQE	Насос циркуляционный отопление	2		
9	SAX31.03, 230B	Электропривод клапана отопление	1		
10	SAX31.03, 230B	Электропривод клапана ГВС	1		
11	Itap 130 Ду32	Клапан обратный пружинный	5		PN10, T _{max} =90°C
12	MBS1700	Преобразователь избыточного давления	1		0...1,6 МПа
13	Reflex NG 35	Мембранный расширительный бак	1		6 бар, 0- 120°C

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6
14	T2-BFG	Теплообменник отопление	1		
15	T2-BFG	Теплообменник ГВС	1		
17	TM-310T.00(0-0,6 МПа) G1/4.2,5	Манометр технический осевой	2		0...0,6 МПа G1/4
18	KPI-35	Реле давления	1		
19	SAX31.03, 230В	Электропривод клапана отопление	1		
20	SAX31.03, 230В	Электропривод клапана ГВС	1		

Произведем выбор основного оборудования ИТП.

Учитывая расход, а также температуру греющей и нагреваемой среды выбираем для системы отопления пластинчатый теплообменник T2-BFG, для системы ГВС пластинчатый теплообменник T5-BFG. Внешний вид представлен на рисунке 8. Характеристики теплообменника представлены в таблице 18.

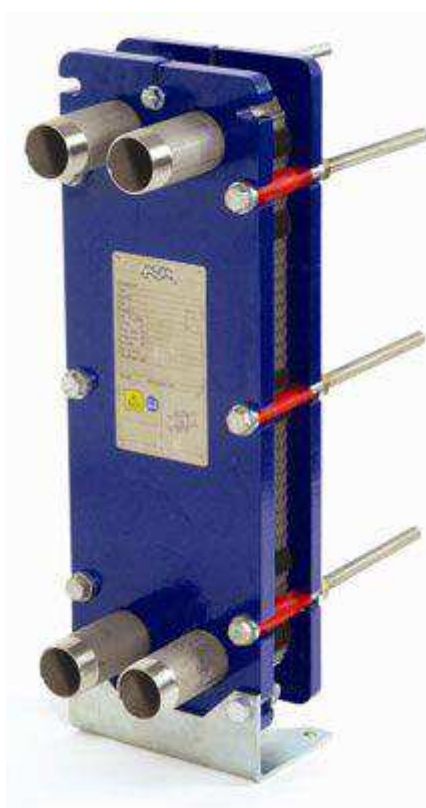


Рисунок 8 – Внешний вид теплообменника T2-BFG

Таблица 18 - Результаты расчета теплообменников

Характеристики	Т2-BFG		Т5-BFG	
	Греющий контур	Нагреваемый контур	Греющий контур	Нагреваемый контур
Среда	вода	вода	вода	вода
Плотность, kg/m ³	968.1	976.3	982.4	982.4
Объемный расход, m ³ /h	0.8	1.7	12.7	6.7
Температура на входе, °C	130	65	70	5
Температура на выходе, °C	70	90	40	60
Потери напора, mwg	0.0952	0.491	2.95	0.956
Мощность, Mcal/h	42.4		370	
Средняя логарифм. разность температур, К	16.8		20	
Коэффициент теплопередачи, kcal/(m ² ·h·°C)	3936		4839	
Поверхность теплообмена, m ²	0.6		3.8	
Запас поверхности, %	10.7		12.6	
Габариты, длина x ширина x высота, mm	275 x 140 x 380		371 x 248 x 707	
Объем внутренний, dm ³	0.86	0.91	3.35	3.35
Объем, dm ³	83.3		157.1	

Для выбора расширительного бака рассчитаем его объем по формуле (20):

$$V = \frac{V_i \cdot E}{D} \quad (20)$$

где V_i - суммарный объём системы;

E - коэффициент расширения жидкости, принимаем 4 %;

D - эффективность бака, находим как $D = (PV - PS) / (PV + 1)$, где

PV - максимальное рабочее давление системы отопления (расчетное давление предохранительного клапана равно максимальному рабочему давлению);

PS - давление зарядки бака (оно равно статическому давлению системы отопления).

Таблица 19 – Результаты расчета расширительного бака

Объём воды в системе отопления	1 440 л
Средняя температура теплоносителя в расчётном режиме	80 °С
Статическое давление в системе отопления	0.69 бар
Начальное эксплуатационное давление	1.56 бар
Минимальный диаметр трубы соединяющий бак с системой	6 мм
Полезная ёмкость	45 л
Резервная эксплуатационная ёмкость	36 л
Полная полезная ёмкость	81 л
Минимальный объём бака	89 л
Объём бака с учётом резервной ёмкости	161 л

Принимаем расширительный бак отопления Reflex NG 35. Внешний вид расширительного бака представлен на рисунке 9.

Расширительный бак нужен для приема прироста воды в системе, когда она нагревается. При этом поддерживается определенное гидростатическое давление. Также бак используется для восполнения убыли объема воды в системе при утечках и при понижении температуры.



Рисунок 9 – Внешний вид расширительного бака Reflex NG 35

Таблица 20 - Технические характеристики бака

Марка	V, л	Pmax, бар	Pнач, бар	d, мм	h, мм	m, кг
NG 35	200	10	3,0	634	785	40,0

4. Подбор насосного оборудования

4.1 Гидравлический расчет системы отопления

Гидравлический расчет отопления позволяет выяснить, какими эксплуатационными параметрами должна обладать система водяного отопления при заданных исходных данных, чтобы показывать лучшую эффективность. [15]

Данный расчет выполняется для следующих целей:

- определение диаметров участков системы отопления;
- определение напора и давления;
- определение объема воды в контуре и скорости ее движения;
- расчет сопротивления системы и выбор циркуляционного насоса.

Рассмотрим принципы гидравлического расчета. [14]

Расход теплоносителя $G, \frac{м^3}{с}$, в стояке системы отопления определяется по формуле (21):

$$G = \frac{\sum Q}{\rho c \Delta t} \quad (21)$$

где $\sum Q$ – расчетный тепловой поток, Вт;

ρ, c – удельная теплоемкость и плотность воды, равные $4205 \frac{Дж}{кг \cdot К}$ и $965,3 \frac{кг}{м^3}$ соответственно;

Δt – разность температур теплоносителя на входе и выходе из стояка, °С.

Далее определяются потери давления, составляющие сумму линейных и местных потерь по формуле (22):

$$P_{пот} = \left(\frac{\lambda l}{d} + \sum \zeta \right) * \frac{\rho * \omega^2}{2} \quad (22)$$

где λ - коэффициент гидравлического трения, определяемый как

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} \right)^{0,25};$$

l - общая длина стояка (последовательно соединенных участков), м;

ω - скорость воды, $\frac{м}{с}$, определяемая как $\omega = \frac{G}{\rho S}$;

d - расчетный диаметр трубопровода, м;

ζ – коэффициент местных сопротивлений.

Перед выполнением расчета выполним расстановку стояков по зданию. В данной работе был выполнен расчет для 13 стояков. Схемы расстановки представлены на рисунках 10, 11.

Гидравлический расчет выполняется на основании аксонометрической схемы, приведенной на рисунке 12.

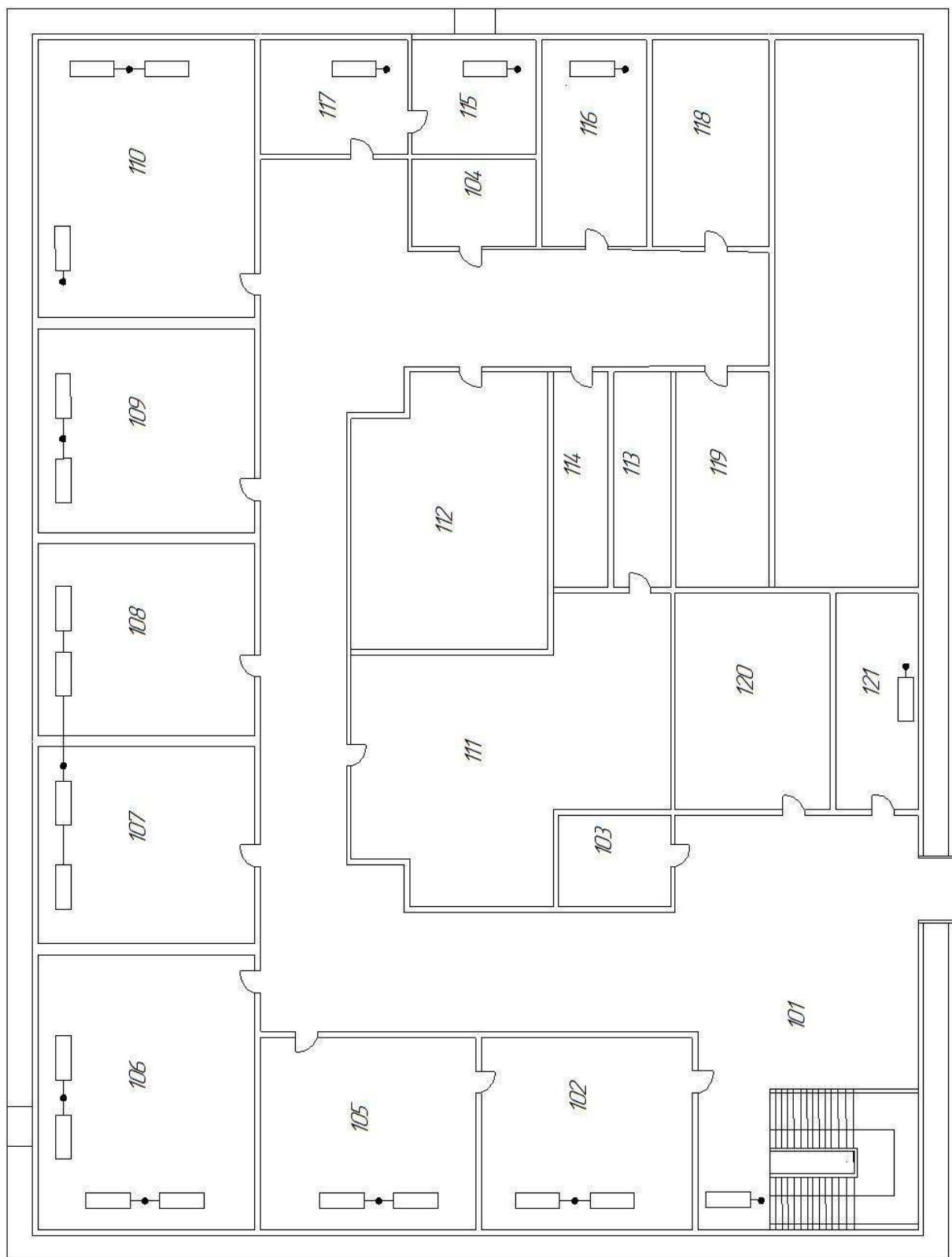


Рисунок 10 - Расстановка стояков на 1 этаже

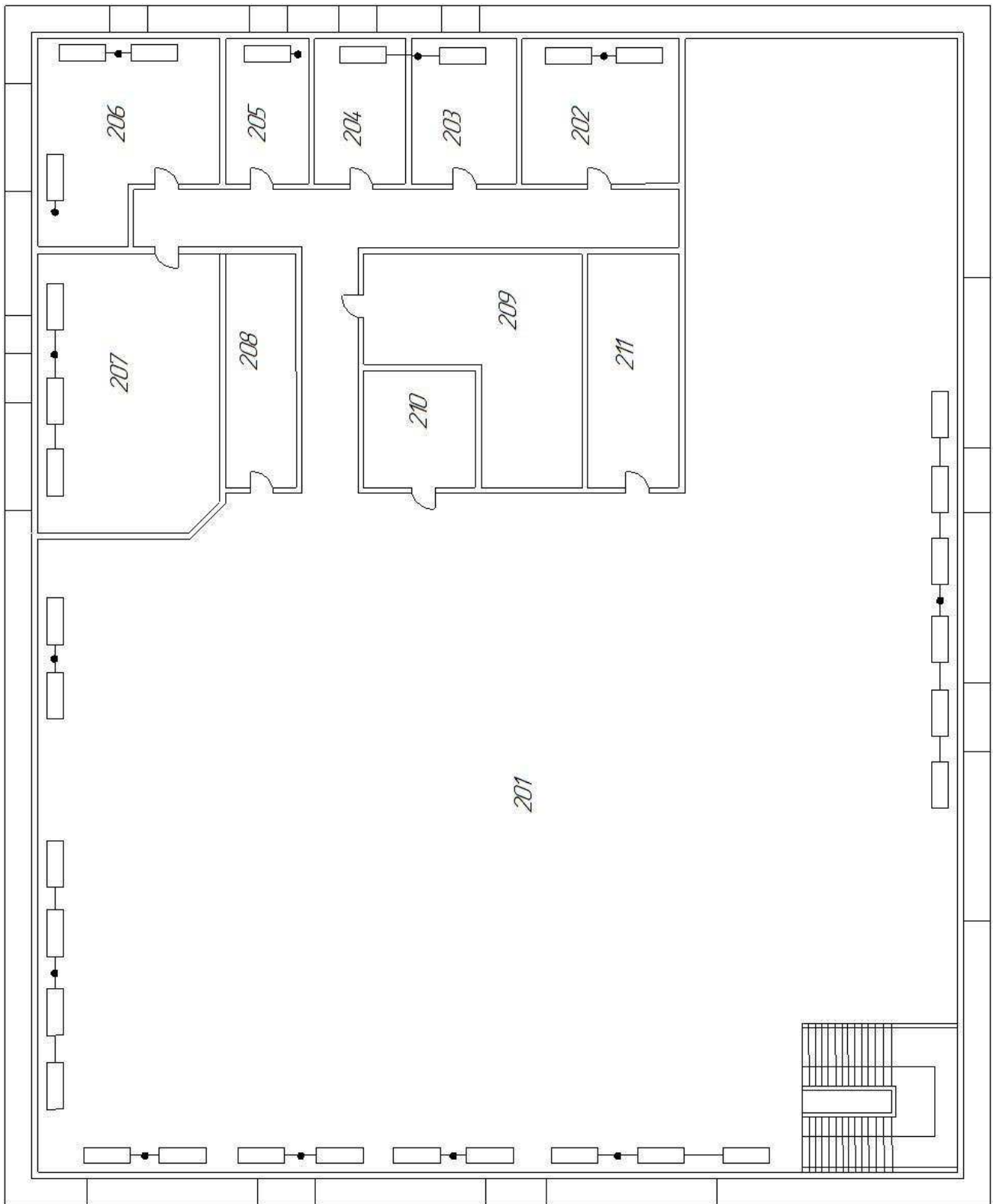


Рисунок 11 – Расстановка стояков на 2 этаже

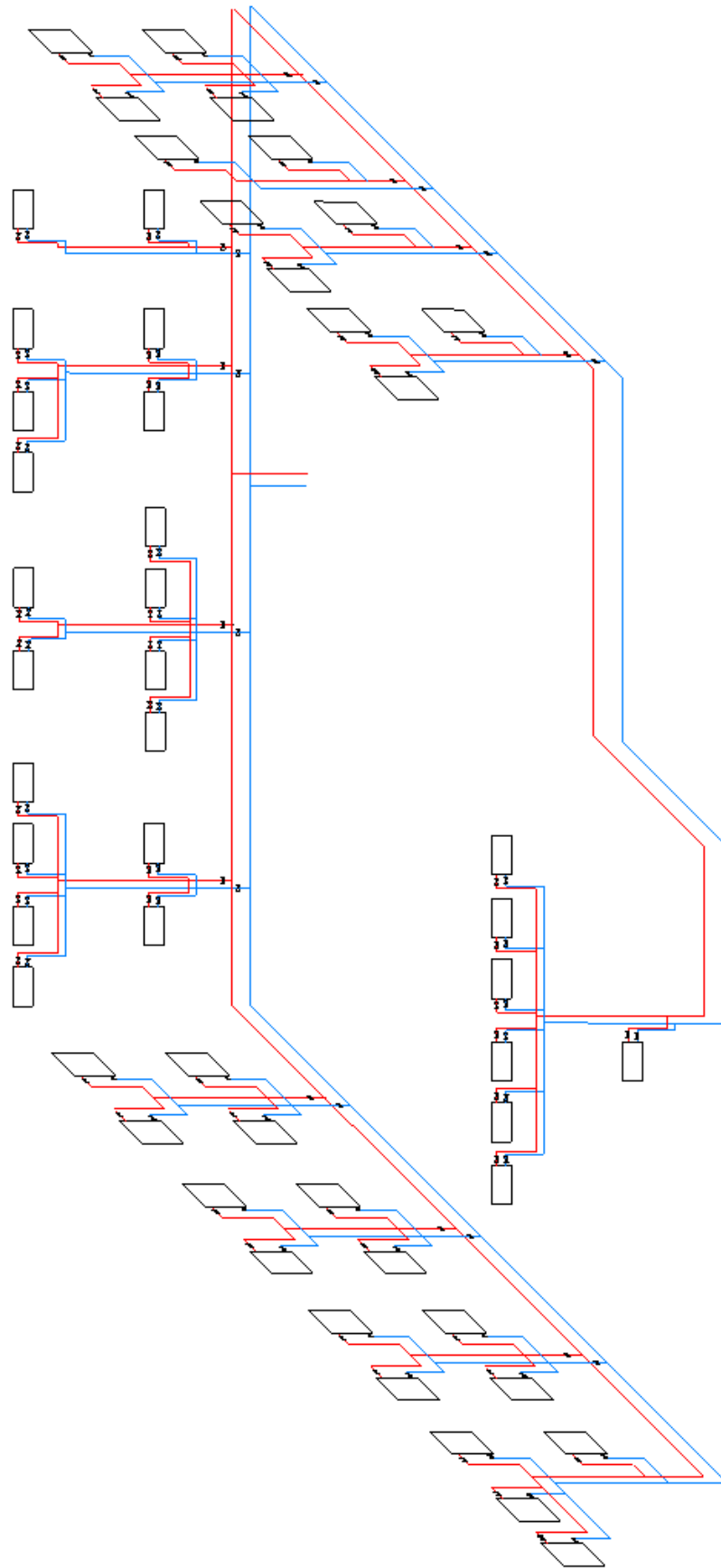


Рисунок 12 – Аксонометрическая схема

В ВКР гидравлический расчёт был выполнен с помощью программного обеспечения Danfoss C. O. 4.1. Сначала в визуальном редакторе моделируется копия проектируемой системы отопления, для которой указываются данные о тепловой мощности, типе теплоносителя, протяжённости и высоте перепадов трубопроводов, используемой арматуре, радиаторах. В конце работы программа даёт возможность определить подходящий условный проход труб, подобрать достаточную подачу и напор циркуляционных насосов. Расчёт завершается балансировкой системы.

Пример спроектированного участка в системе Danfoss представлен на рисунке 13.

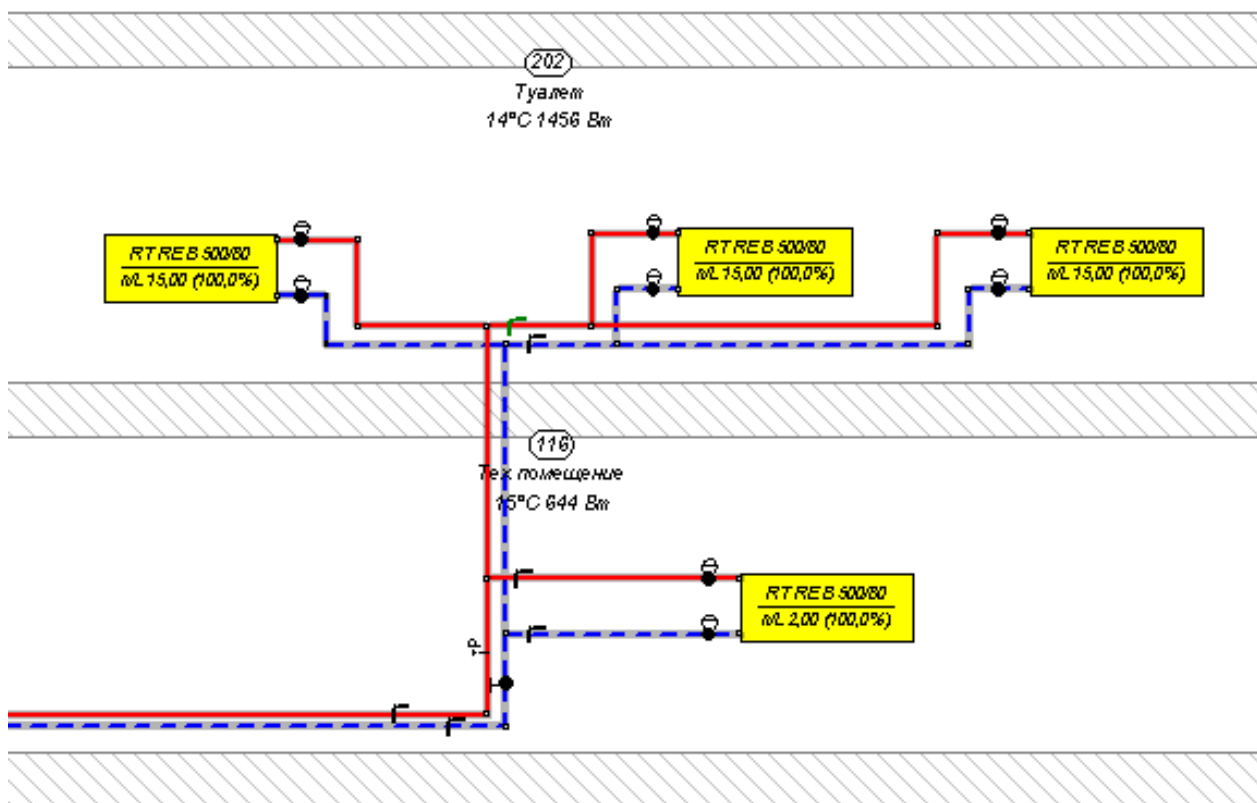


Рисунок 13 – Пример спроектированного участка системы отопления

В проекте было использовано следующее оборудование:

- Вентиль термостатический проходной, тип RA-N с головкой термостатической FTC. Применяется для регулирования температуры подачи воды в радиаторной системе. Количество – 61 шт.

- Запорный клапан прямой с возможностью подсоединения дренажного крана, тип RLV. Применяется для отключения отдельного отопительного прибора для его демонтажа или технического обслуживания без слива всей системы. Количество – 74 шт.

- Сигнал давления SYGCIS. Количество – 13 шт.

- Биметаллический секционный радиатор Royal Thermo Revolution Bimetall 500, высота H = 564 мм. Количество – 50 шт.

- Трубы стальные водогазопроводные легкие G03262L, ГОСТ 3262-75, T_{max} = 300 град. P_{max} = 2,5 МПа. Общая длина – 81,3 м.

Результаты гидравлического расчета системы отопления представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Гидравлический расчет системы отопления

Номер стояка	Длина участка L , м	Номинальный диаметр участка d_n , мм	Внутренний диаметр и толщина изоляции $D_B * G$, мм	Расход теплоносителя M , $\frac{кг}{с}$	Объемный расход теплоносителя Q , $\frac{м^3}{ч}$	Скорость расхода теплоносителя ω , $\frac{м}{с}$	Удельные линейные потери давления в участке R , $\frac{Па}{м}$	Линейные потери давления в трубопроводе $R * L$, Па	Гидравлическое сопротивление Δp , Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2,9	15	22x9	0,053	0,194	0,258	123,3	357	375
	0,35	10	22x9	0,002	0,008	0,016	1,8	1	2
2	0,3	10	22x9	0,002	0,008	0,016	1,8	1	1
	0,35	10	22x9	0,002	0,008	0,016	1,8	1	1
	0,4	10	22x9	0,017	0,064	0,133	47,3	19	86
3	0,35	10	22x9	0,017	0,064	0,133	47,3	17	19
	0,1	10	22x9	0,017	0,064	0,133	47,3	5	45
	0,25	10	22x9	0,035	0,13	0,273	188,7	47	215
	0,35	10	22x9	0,018	0,067	0,14	51,9	18	21
	0,4	10	22x9	0,018	0,067	0,14	51,9	21	95
4	0,25	10	22x9	0,017	0,064	0,133	47,4	12	79
5	0,35	10	22x9	0,017	0,064	0,133	47,4	17	27
	2,5	10	22x9	0,018	0,067	0,14	51,9	130	135
	0,75	40	48x9	0,869	3,193	0,64	200,7	151	10389
6	1,15	40	48x9	0,869	3,193	0,64	200,7	231	12170
7	1,15	40	48x9	0,869	3,193	0,64	200,7	231	292
	0,15	15	22x9	0,055	0,202	0,269	133,2	20	31
	9,7	15	22x9	0,055	0,202	0,269	133,3	1293	1348
	0,45	10	22x9	0,033	0,122	0,255	163,7	74	320
8	0,35	10	22x9	0,033	0,122	0,255	163,7	57	67
	0,85	10	22x9	0,033	0,122	0,255	163,7	139	177
	2,8	15	22x9	0,065	0,237	0,316	182,7	512	615
	0,85	10	22x9	0,034	0,126	0,264	175,8	149	415

Продолжение таблицы 21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	0,35	10	22x9	0,034	0,126	0,264	175,8	62	72
	0,9	10	22x9	0,034	0,126	0,264	175,8	158	199
	0,35	10	22x9	0,017	0,061	0,127	39,9	14	76
10	0,4	10	22x9	0,017	0,061	0,127	39,8	16	18
	2,1	10	22x9	0,017	0,061	0,127	39,5	83	88
	0,35	10	22x9	0,016	0,058	0,121	32,7	11	67
11	0,4	10	22x9	0,016	0,058	0,121	32,6	13	22
	0,65	10	22x9	0,032	0,119	0,248	157,3	102	241
	0,35	10	22x9	0,032	0,119	0,248	157,3	55	194
	0,4	10	22x9	0,017	0,061	0,127	39,7	16	18
	0,35	10	22x9	0,017	0,061	0,127	39,8	14	76
12	0,35	10	22x9	0,016	0,058	0,121	32,7	11	67
13	0,4	10	22x9	0,016	0,058	0,121	32,6	13	22
	2,25	10	22x9	0,017	0,061	0,127	39,4	89	93
	0,3	10	22x9	0,015	0,056	0,118	29,1	9	61

4.2 Выбор насоса

В отопительных системах циркуляция теплового носителя по контуру реализуется двумя способами – самотечным за счет разницы в давлениях горячего и холодного потоков, и принудительным с помощью электронасоса. В последнем случае в контур устанавливается специальный циркуляционный насос для системы отопления. Он отвечает за оптимальную скорость движения теплоносителя по трубам. Благодаря ему обеспечивается принудительное движение воды по замкнутому контуру – трубопроводной системе отопления. [17]

Рассмотрим основные технические характеристики циркуляционных насосов.

Во-первых, это производительность, которая показывает сколько теплоносителя перекачивается в единицу времени, также задает его нужную скорость.

Во-вторых, напор. Является важным показателем, потому что в контурах необходимо преодолевать гидравлическое сопротивление.

Важна характеристика мощности двигателя, потому что при ее недостатке насос не сможет полноценно работать. Если мощность будет избыточной, то будут шуметь.

Еще один показатель — это максимальная температура, при которой насос будет работать без перебоев. Необходимо учитывать большую нагрузку при работе с горячим теплоносителем. [17]

Выбираем насос датского производителя Grundfos. Подбор осуществляется через определение рабочей точки.

По объемному расходу теплоносителя, подаваемому насосом ($3,24 \text{ м}^3/\text{ч}$) и требуемому напору насоса (8,35 м) подбираем насос CR 3-3 A-A-A-E-HQQE.

Кривые характеристик насоса представлены на рисунках 14, 15.

В таблице 22 отражены технические характеристики. [19]

Внешний вид насоса представлен на рисунке 16.

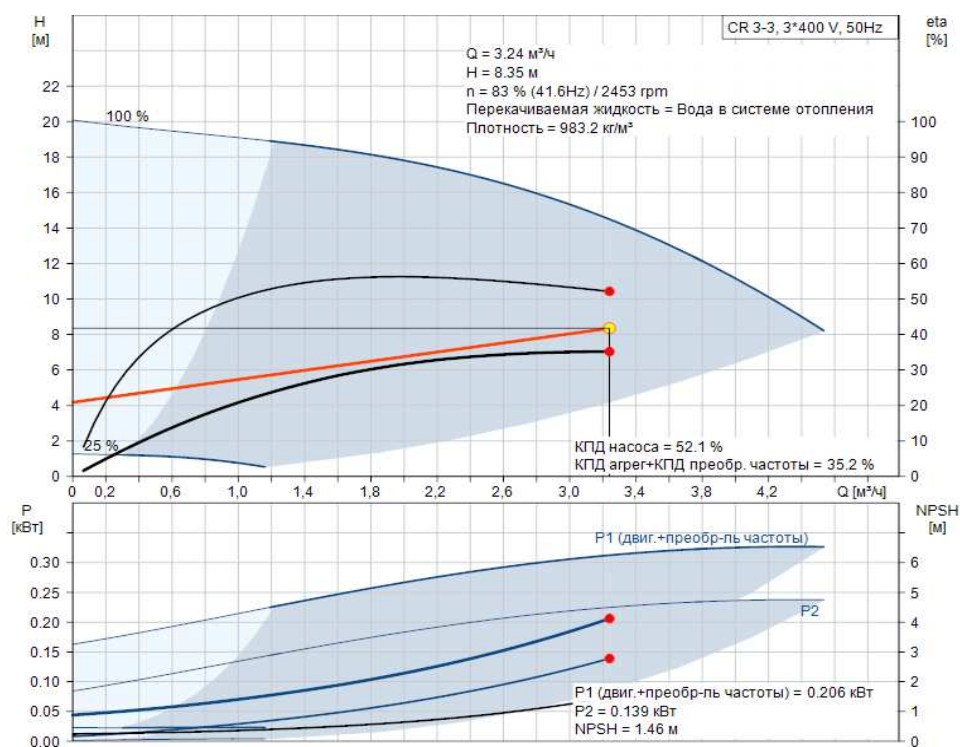


Рисунок 14 – Рабочая характеристика

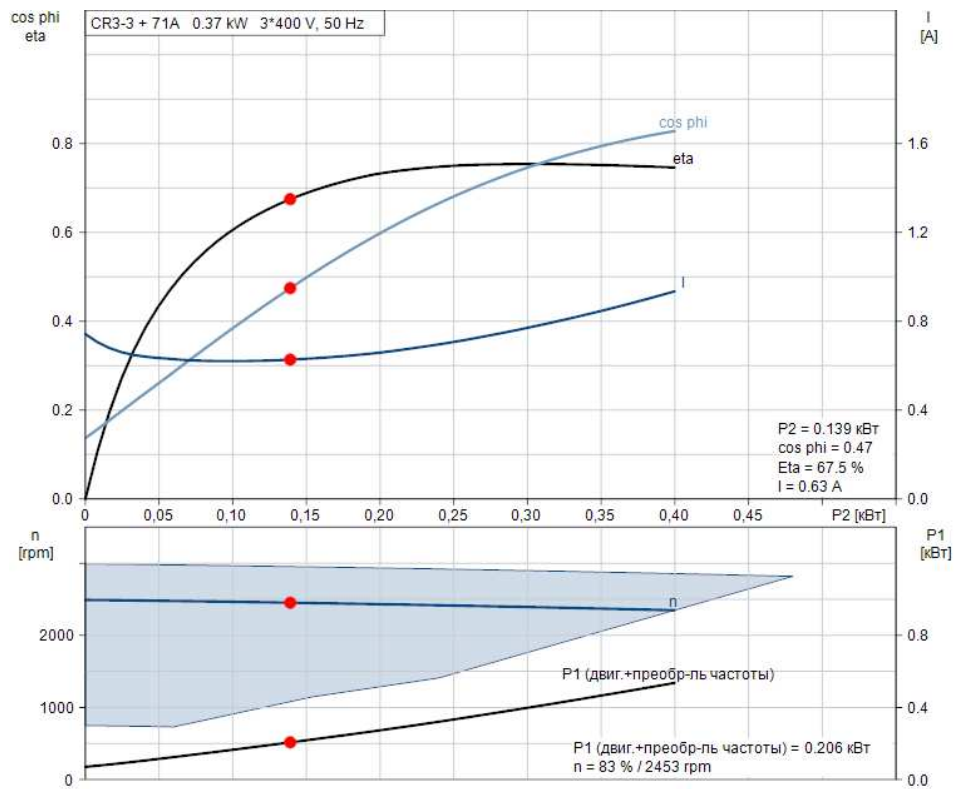


Рисунок 15 – Характеристика двигателя



Рисунок 16 – Внешний вид насоса CR 3-3

Таблица 22 – Технические данные насоса

Скорость	2873 об/мин
Расход	3,24 м ³ /ч
Напор	8,35 м
Минимальное давление на входе	-0,64 бар
Мощность P1	0,206 кВт
Мощность P2	0,139 кВт
КПД насоса	52,1 %
КПД двигателя	67,5 %
КПД агрегата	35,2 %
Потребление энергии	648 кВт-ч/Год
Рабочая жидкость	Вода в системе отопления
Диапазон температур жидкости	-20...120 °С
Плотность	983.2 кг/м ³

5. Управление нагрузкой

5.1 Узел учета тепловой энергии

Чтобы учитывать и контролировать расход необходим узел коммерческого учета тепловой энергии. Он включает в себя приборы и устройства, которые ведут учет и регистрируют параметры энергии, объема.

Актуальной задачей является автоматизация учета энергоресурсов с использованием современных технических средств измерений. Как показала практика внедрения подобных устройств, именно их наличие позволяет своевременно выявить возможные неполадки в работе системы, оптимизировать использование ресурсов энергообеспечения и максимизировать отдачу при непреклонном соблюдении принципа минимизации расходов ресурсов. Так Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» предписывает обязательное наличие узлов коммерческого учета энергоносителей у всех потребителей тепла.

Устанавливают данное оборудование главным образом для того, чтобы оптимизировать потребление энергии тепла. Так, на теплоснабжение можно снизить затраты и повысить качество. Автоматизированный узел экономит 25 – 37 % тепловой энергии. Еще появляется возможность дистанционно контролировать все параметры и режимы.

Определим расход воды для системы теплоснабжения.

Максимальный расход в системе отопления и в системе ГВС составит:

$$G_{OT} = \frac{Q_{OT}}{(t_n - t_o)\rho} * 1000, \quad (23)$$

$$G_{ГВ} = \frac{Q_{ГВ}}{(t_n - t_o)\rho} * 1000 \quad (24)$$

где Q_{OT} – максимальная тепловая нагрузка на отопление

$$Q_{OT} = 90465 \text{ Вт} = 0,0778 \frac{\text{Гкал}}{\text{ч}}$$

$Q_{ГВ}$ – максимальная тепловая нагрузка на систему ГВС

$$Q_{ГВ} = 129447 \text{ Вт} = 0,1113 \frac{\text{Гкал}}{\text{ч}}$$

$$\text{Так, } G_{\text{ОТ}} = 0,83 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}, \quad G_{\text{ГВ}} = 3,86 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Максимальный расход воды на вводе составит:

$$G_{\text{ТС}} = G_{\text{ОТ}} + G_{\text{ГВ}} = 0,83 + 3,86 = 4,69 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

По найденному объемному расходу теплофикационной воды для системы теплоснабжения выбираем теплосчетчик (характеристики представлены в таблице 23) в следующем комплекте:

- тепловычислитель ТВ7-04 – 1 шт.;
- преобразователь расхода ПРЭМ-32-ГС Кл. С1 – 2 шт.;
- счетчик горячей воды с имп. Выходом ВСТ-32 Кл. А – 1 шт.;
- счетчик горячей воды с имп. Выходом ВСТ-15 Кл. В – 1 шт.;
- комплект термопреобразователей сопротивления КТСП-Н кл. А L=80 Pt100 – 1 компл.;
- термопреобразователь сопротивления ТСП-Н кл. А L=60 Pt100 – 1 компл.;
- преобразователь избыточного давления MBS1700 – 3 шт.

Таблица 23 – Основные технические характеристики теплосчетчика

Измеряемая величина	Диапазон
Тепловая энергия	от 0 до 10^7 ГДж (Гкал)
Объем	от 0 до 10^8 м ³
Масса	от 0 до 10^8 т
Средний объемный расход	от 0 до 10^6 м ³ /ч
Температура воды	от 0 до 180 °С
Температура воздуха	от минус 50 до 130 °С
Разность температур	от 0 до 160 °С
Избыточное давление	от 0 до 2,5 МПа

Счётчик замеряет количество воды, поступившее в систему отопления, температуру воды на входе и выходе из системы отопления, используя формулы расчета тепловой энергии и объема теплоносителя.

Количество тепловой энергии потребленной (отпущенной) определяется следующим образом:

$$\text{для системы отопления } Q_0 = M_1(h_1 - h_2) + dM(h_2 - h_x)$$

$$\text{для системы ГВС } Q_0 = M_1(h_1 - h_x)$$

где Q_0 – тепловая энергия, измеренная прибором за рассматриваемый период времени;

M_1 – масса теплоносителя, прошедшего по прямому трубопроводу;

h_1 – энтальпия теплоносителя в подающем трубопроводе;

h_2 – энтальпия теплоносителя в обратном трубопроводе;

h_x – энтальпия холодной воды.

Узел учета тепловой энергии, располагается в помещении узла ввода подвального этажа здания. Преобразователи расхода, давления и температуры устанавливаются на подающем и обратном трубопроводах теплового ввода в помещении узла ввода до разводки ИТП, после головной запорной арматуры.

Схема узла учета представлена на рисунке 17.

Таблица 24 – Спецификация оборудования узла учета

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.
1	2	3	4
1	ТВ-7-04	Тепловычислитель	1
2	ПРЭМ-32-ГС Кл. С1	Преобразователь расхода	2
3	ВСТ-32 Кл. А	Счетчик горячей воды с имп. выходом	2
4	ТСП-Н, кл. А	Термопреобразователь сопротивления	3
5	MBS1700	Преобразователь избыточного давления	3
6	ВСХ-32 Кл. В	Счетчик холодной воды с имп. Выходом	1

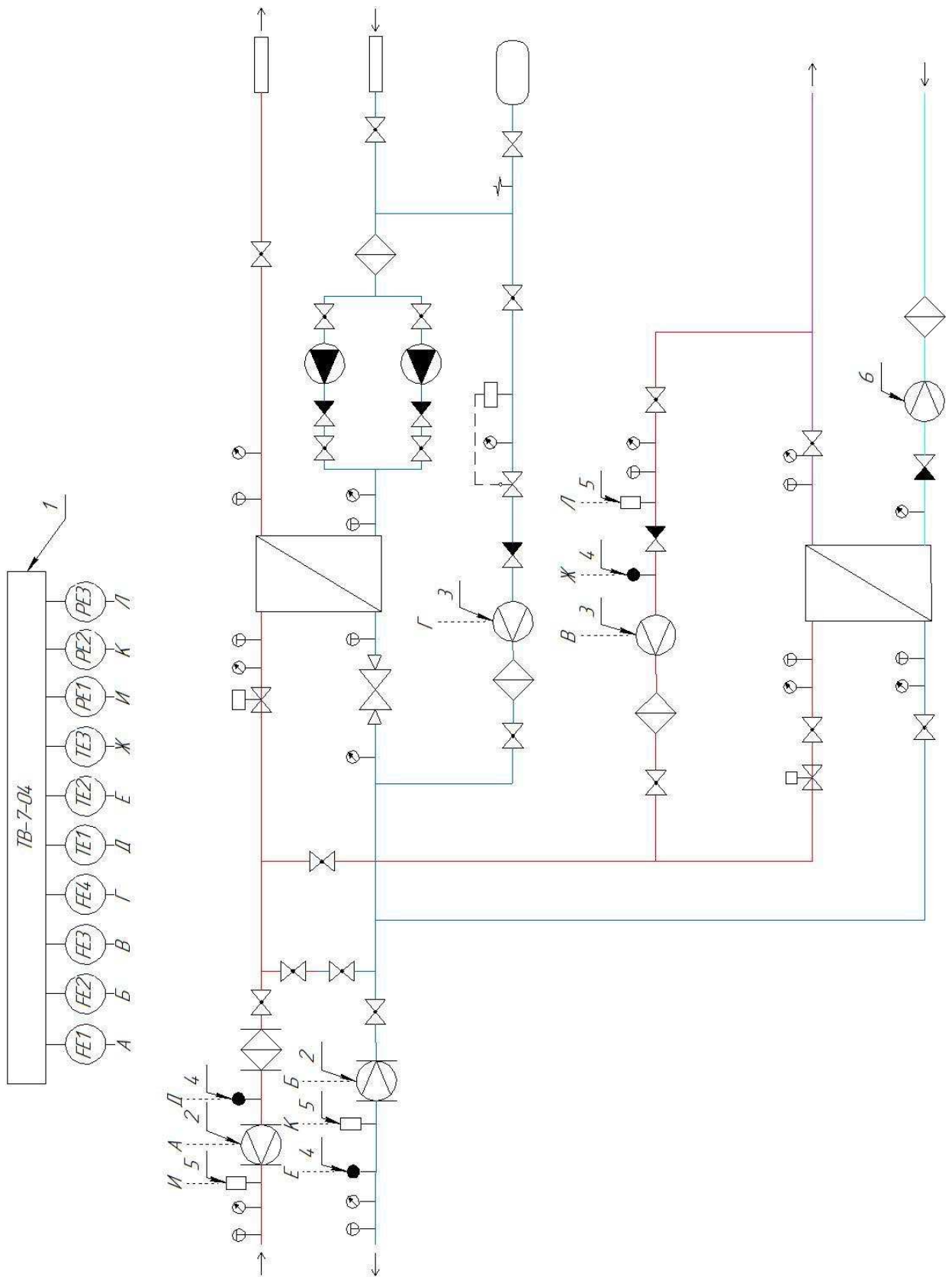


Рисунок 17 – Узел учета тепловой энергии

Описание тепловычислителя ТВ7

Эксплуатационные характеристики тепловычислителя ТВ7:

- питание вычислителя осуществляется от автономного источника – литиевой батареи напряжением 3,6 В;
- относительная влажность воздуха, окружающего измерительный блок, не более 95% при 35 °С;
- температура воздуха, окружающего измерительный блок, от -10 до 50 °С;
- напряженность внешнего магнитного поля, воздействующего на измерительный блок, не должна превышать 400 А/м с частотой (50±1) Гц;
- вычислитель обеспечивает вывод на индикатор и посредством интерфейса RS-232 на внешнее устройство следующей текущей и архивной информации: - объемный расход (м³/ч), массовый расход (т/ч), температура (°С), давление (МПа), объем (м³), масса (т); - разность температур (°С), разность массовых расходов (т/ч), разность масс (т), тепловая мощность (Гкал/ч), тепловая энергия (Гкал), время работы (ч и мин), время останова счета (ч и мин); - суммарная тепловая мощность (Гкал/ч), суммарная тепловая энергия (Гкал), температура холодной воды (°С), температура воздуха (°С), давление холодной воды (МПа), время включения и время выключения – по ТВ1, ТВ2; - архивные значения величин по ТВ1, по ТВ2, общие (по обеим вводам), дополнительные (по дополнительным каналам). Архивы формируются на часовых, суточных и месячных интервалах.
- полный средний срок служба вычислителя не менее 12 лет;
- среднее время наработки на отказ – 75000 часов.

Устройство ПРЭМ

Конструктивно ПРЭМ представляет собой участок трубы, выполненной из немагнитной стали, заключенный в защитный кожух. Электронный преобразователь выполнен в алюминиевом корпусе, внутри которого находится колодка для подключения линии связи ПРЭМ с тепловычислителем.

Температуры измеряемой среды в диапазоне от 0 до 150 °С;
Температуры окружающей среды от -10 до +50град С;
Рабочее давление измеряемой среды до 1,6 МПа.

Значение расхода: максимальный расход 30,0 м³/ч; минимальный расход (в прямом направлении потока) 0,048 м³/ч; порог чувствительности преобразователя 0,03 м³/ч.

Устройство водосчетчиков ВСТ

Счетчики предназначены для измерения объема питьевой воды по ГОСТ 2874-82, при давлении до 1,6 МПа (16 кгс/см²) в диапазонах температур от 5 до 95 °С. Значение расхода: максимальный расход 12,0 м³/ч; минимальный расход 0,24 м³/ч; переходный расход 0,6 м³/ч; порог чувствительности преобразователя 0,09 м³ /ч.

Устройство и принцип работы

термопреобразователей сопротивления КТСП-Н

Термопреобразователи сопротивления преобразуют температуру теплоносителя в прямом, обратном трубопроводах в электрическое сопротивление. Термопреобразователи монтируются в защитных гильзах, входящих в комплект поставки теплосчетчика. Вся поверхность защитной гильзы должна иметь контакт с теплоносителем. Перед установкой термопреобразователей защитные гильзы заполнить трансформаторным маслом. Конструкция термопреобразователей герметична. Монтажная часть защитной арматуры термопреобразователя выполнена из антикоррозийной стали. Комплект термометров сопротивления КТСП-Н кл. А предназначен для измерения температуры и разности температур в трубопроводах систем теплоснабжения.

Основные технические характеристики:

- Диапазон измеряемой температуры – 3...150 °С;
- Нижний предел диапазона разности температур – 3 °С;
- Верхний предел диапазона разностей температур – 150 °С.

Устройство преобразователей избыточного давления

Преобразователи предназначены для непрерывного измерения и преобразования избыточного давления нейтральных и агрессивных, газообразных и жидких сред в унифицированный выходной сигнал: токовый 4-20 мА. Диапазон температур рабочей среды на входе в приемник давления от -50 до 125° С. Преобразователи предназначены для работы при атмосферном давлении от 66,0 до 1600 Кпа. Принцип действия преобразователей основан на преобразовании давления измеряемой среды, воздействующей на мембрану чувствительного элемента, в электрический сигнал, пропорциональный механической деформации мембраны.

5.2 Автоматизация теплового пункта

Автоматизация ИТП позволяет максимально эффективно эксплуатировать систему отопления, существенно снизив потребление энергоресурсов.

Основными преимуществами автоматизации ИТП можно считать:

- поддержание заданного температурного режима для теплоносителя и контура ГВС;
- контроль рабочих параметров оборудования и других устройств в дистанционном режиме;
- управление работой насосов;
- оптимизация работы системы;
- возможность максимально точной регулировки клапанов;
- контроль и защита оборудования от внештатных ситуаций и сбоев в работе.

Автоматика держит под постоянным контролем параметры давления, температуру воды и теплоносителя в подающих и обратных трубах, показывает информацию по пиковым значениям. Также регулирует нормальную работу насосного и другого оборудования теплового пункта, контролирует напряжение

в сети. Контроль и поддержка всех рабочих параметров ведется в автоматическом режиме круглосуточно.

Принципиальная схема регулирования температуры теплоносителя сделана на основе контроллера RVD250 «Siemens» в комплекте с регулирующими клапанами и датчиками температуры. Схема автоматики ИТП представлена на рисунке 18.

Таблица 25 – Спецификация автоматики ИТП

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед.	Примечание
1	2	3	4	5	6
1	RVD250	Контроллер тепловой автоматики	1		
2	QAC22	Датчик температуры наружного воздуха	1		LG-Ni 1000
3	QAE2121.010	Датчик температуры погружной	4		LG-Ni 1000
4	VVG41.12-1, T=150 °C	Клапан регулирующий отопление	1		kvs=1 м ³ /ч
5	VVG42.4-16, T=150 °C	Клапан регулирующий ГВС	1		kvs=16 м ³ /ч
6	EVOSTA3 80/180	Насос циркуляционный отопление	2		
7	QVE1902.025	Клапан – реле потока	1		
8	SAX31.03, 230В	Электропривод клапана отопление	1		
9	SAX31.03, 230В	Электропривод клапана ГВС	1		

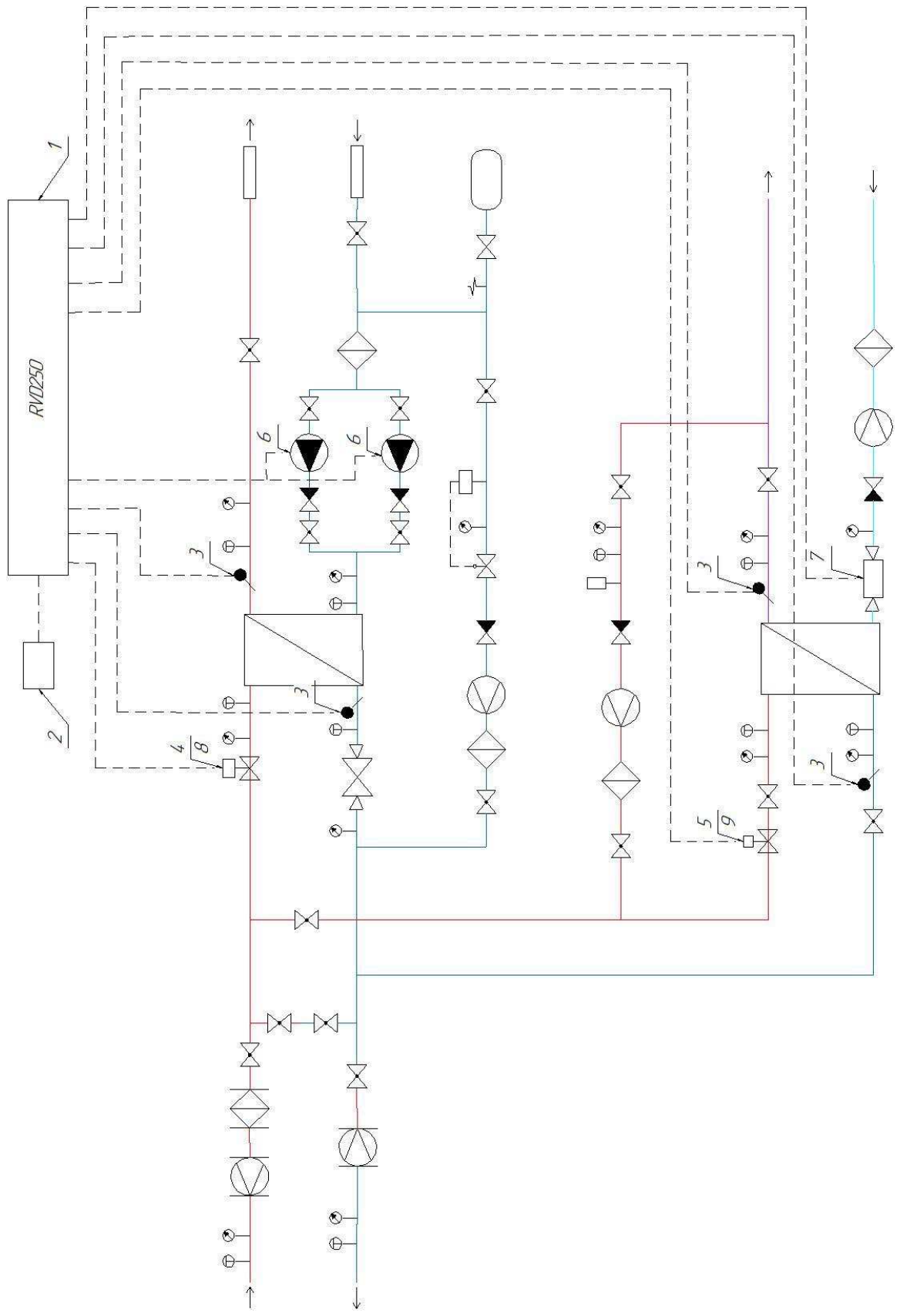


Рисунок 18 – Автоматика ИТП

Чтобы снизить потребление энергоресурсов и, как следствие, снизить затраты также будем использовать погодозависимое регулирование. Построим отопительный график (рисунок 19) зависимости температуры подаваемого теплоносителя от температуры наружного воздуха.

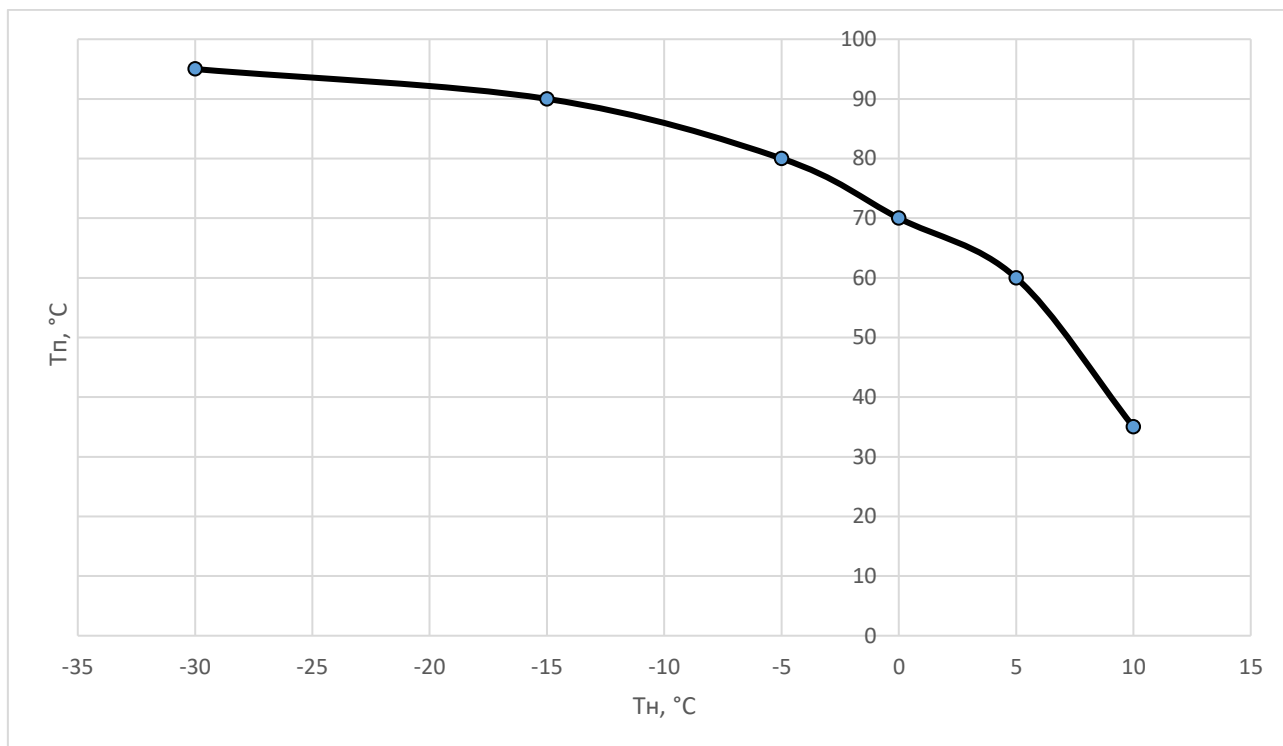


Рисунок 19 – Отопительный график

6. Экономический раздел

Чтобы достаточно точно определить годовой расход теплоты, построим график продолжительности суммарной тепловой нагрузки в зависимости от числа часов стояния в течение года температур наружного воздуха.

Необходимо знать длительность работы системы теплоснабжения при различных режимах в течение года. Нагрузка на отопление при различных температурах наружного воздуха определяется по формуле (25):

$$Q'_{OT} = Q_{OT} * \frac{t_{вн} - t''_н}{t_{вн} - t'_н} \quad (25)$$

где Q_{OT} – нагрузка системы отопления, кВт;

$t_{вн}$ – средняя температура внутри здания, °С;

$t'_н, t''_н$ - температура наружного воздуха текущего и последующего месяца соответственно, °С.

Полученные данные сведем в таблицу 26.

Таблица 26 – Данные для построения графика Россандера (нагрузка по отоплению)

$t_{вн}, °С$	Часы стояния температур наружного воздуха в течение года	$Q'_{OT}, кВт$
-37	2	90,5
-30	9	79,4
-23	23	68,3
-16	41	57,2
-9	73	46,1
-2	97	34,9
+5	164	23,8
+8	235	22,1

Также на график наносится нагрузка на систему ГВС, которая будет постоянной в течение года.

По полученным данным строим график Россандера, представленный на рисунке 20. Далее определяется суммарная сезонная нагрузка ($Q_{OT} + Q_{ГВ}$), как площадь под кривой продолжительности тепловой нагрузки.

Расход теплоты на отопление и ГВС за отопительный сезон составил 58115 кВт.

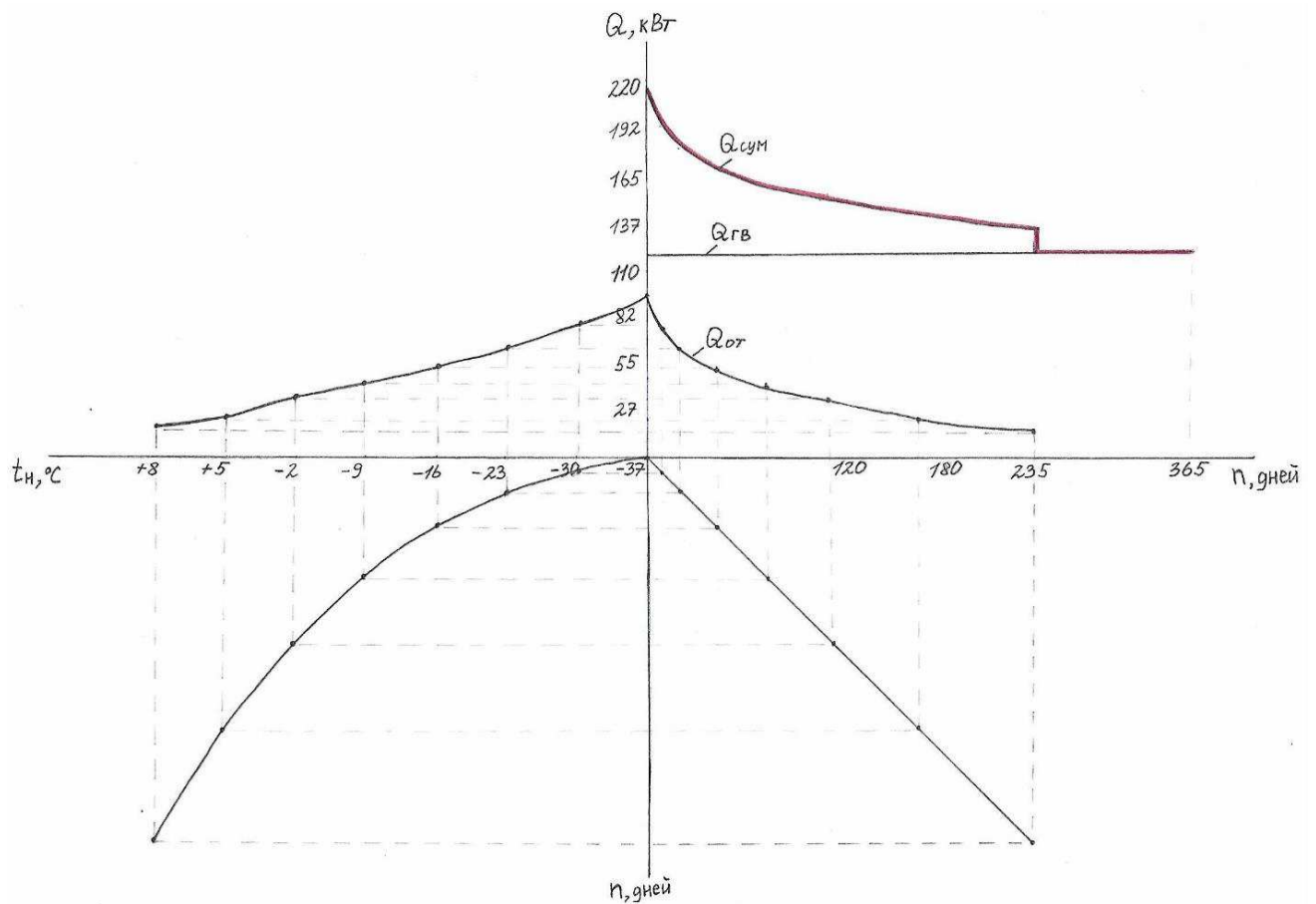


Рисунок 20 – Построение графика продолжительности сезонной тепловой нагрузки

В данном разделе необходимо провести экономический расчет затрат по проекту.

Далее представлен расчет капитальных вложений.

$$K_{об} = \sum_{i=1}^i n_i \cdot C_i + S_{монт} + S_{пуск} + S_{транс} \quad (26)$$

где n_i – количество единиц закупаемого оборудования одного вида, шт;

C_i – цена закупаемого оборудования одного вида, руб/шт;

Была составлена смета проекта, в которой представлен перечень затрат на оборудование.

Таблица 27 – Смета затрат на приобретение

№ п/п	Наименование закупаемого оборудования	Кол-во, шт	Цена на ед., руб.	Всего затрат, руб.
1	2	3	4	5
1	Термометр биметаллический осевой	10	1038.00	10380.00
2	Манометр технический радиальный	12	943.00	11316.00
3	Манометр технический осевой	2	385.00	770.00
4	Преобразователь расхода	2	31500.00	63000.00
5	Комплект термопреобразователей сопротивления	2	2200.00	4400.00
6	Тепловычислитель	1	28236.00	28236.00
7	Контроллер тепловой автоматики	1	38398.00	38398.00
8	Датчик наружной температуры	1	2 176,20	2176.20
9	Датчик температуры погружной	5	5 050,20	25251.00
10	Счетчик горячей и холодной воды с имп выходом	3	16601.20	49803.60

Продолжение таблицы 27

1	2	3	4	5
11	Кран шаровой под приварку	6	2113.00	12678.00
12	Кран шаровой с накидной гайкой	10	2630.00	26300.00
13	Клапан обратный пружинный	5	1366.00	6830.00
14	Мембранный предохранительный клапан	1	3866.40	3866.40
15	Фильтр сетчатый фланцевый	5	1500.00	7500.00
16	Реле давления	1	5142.96	5142.96
17	Электропривод клапана отопление и ГВС	2	15895.63	31791.26
18	Преобразователь избыточного давления	1	9889.20	9889.20
19	Насос циркуляционный	2	58 500	117000.00
20	Теплообменник	2	39 879.00	79758.00
21	Расширительный бак	1	6076.00	6076.00
22	Вентиль термостатический проходной	61	1540.00	93940.00
23	Запорный клапан прямой	74	1 490,40	110289.60
24	Радиатор (по количеству секций)	364	1040.00	378560.00
25	Трубопровод (за отрезок 3,9 м)	81,3 м	363.60	7562.88
Итого				1130915.10

Издержки на монтаж оборудования принимаем в размере 15% от стоимости основного оборудования: $S_{\text{монт}} = 169637,27$ руб.

Затраты на пуско-наладочные работы принимаем в размере 5% от стоимости основного оборудования: $S_{\text{пуск}} = 56545,75$ руб.

Затраты на транспортировку оборудования принимаем в размере 10% от стоимости основного оборудования: $S_{\text{транс}} = 113091,51$ руб.

Капиталовложения равны:

$$K_{\text{об}} = 1130915,10 + 169637,27 + 56545,75 + 113091,51 = 1368407,63 \text{ руб.}$$

Далее рассчитаем стоимость тепловой энергии.

Рассчитанная графически отопительная характеристика здания 5019,8 ГДж составляет 1198 Гкал/год.

В г. Красноярске тариф на тепловую энергию для отопления составляет 1689,05 руб/Гкал.

Годовая плата за тепловую энергию составит:

$$1198 * 1689,05 = 2023481,9 \text{ руб.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во время выполнения ВКР были решены следующие задачи.

Рассмотрены различные варианты систем теплоснабжения. Было выбрано двухтрубное водяное радиаторное отопление по нижней разводке с вертикальным расположением стояков. Для обеспечения нагрузки был поставлен индивидуальный тепловой пункт, в котором обеспечивалось независимое присоединение системы отопления и присоединение закрытой системы горячего водоснабжения. Наружные тепловые сети определены в качестве источника тепла.

Рассчитана тепловая нагрузка на отопление и ГВС, которая составила 90,5 кВт и 129,4 кВт соответственно. На основе данных расчетов был построен график Россандера, который показал, как меняется суммарная нагрузка в зависимости от продолжительности отопительного периода. Нагрузка была определена графически как площадь под графиком нагрузки, она составила 58115 кВт.

По рассчитанной нагрузке на систему отопления было выбрано отопительное оборудование. В качестве отопительного прибора приняли биметаллический секционный радиатор Royal Thermo Revolution Bimetall 500. Всего на здание потребовалось 364 секции радиатора, выдающая по 139 Вт каждая.

Для ИТП были подобраны арматура и основное оборудование. По температурам на входе и выходе, также по объему теплоносителя горячего и холодного были выбраны пластинчатые теплообменники отопления T2-BFG и ГВС T5-BFG. По объему теплоносителя в системе был выбран мембранный расширительный бак Reflex NG 35.

Для управления нагрузкой был осуществлен подбор автоматики для узла учета. Были подобраны тепловычислитель ТВ7-04, преобразователь расхода ПРЭМ-32-ГС, счетчик горячей воды, термопреобразователь сопротивления

ТСП-Н, преобразователь избыточного давления MBS1700. В итоге автоматизированный узел позволил сэкономить 25 – 37 % тепловой энергии. Также ИТП было оборудовано контроллером RVD250 «Siemens» в комплекте с регулирующими клапанами и датчиками температуры. В результате были осуществлены контроль и ведение всех рабочих параметров в круглосуточном режиме.

Чтобы подобрать циркуляционный насос был проведен гидравлический расчет системы отопления, который проводился на основе построения аксонометрической схемы. Все расчеты были выполнены с помощью программного обеспечения Danfoss C. O. 4.1. Для трубопроводов отопления определены трубы стальные водогазопроводные черные (ГОСТ 3262-75); для внутренних сетей холодного и горячего водоснабжения - стальные водогазопроводные оцинкованные обыкновенные трубы (ГОСТ 3262-75).

По объемному расходу теплоносителя (3,24 м³/ч) и требуемому напору (8,35 м) был подобран насос CR 3-3 A-A-A-E-HQQE.

В конце работы был выполнен экономический расчет проекта теплоснабжения, по итогу которого были рассчитаны затраты в размере 2122767,11 руб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 : дата введения 01.01.2013. – Москва, 2012. – 100 с.
2. СП 131.13330.2018. Строительная климатология : дата введения 29.05.2019. – Москва, 2018. – 110 с.
3. СП 117.13330.2011. Система нормативных документов в строительстве. Строительные нормы и правила РФ. Общественные здания административного назначения. Актуализированная редакция СНиП 31-05-2003. Взамен СНиП 02.08.02 : дата введения 01.09.2003. - Москва, 2003. – 34 с.
4. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.4.01-85 : дата введения 17.06.2017. – Москва, 2016. – 81 с.
5. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 24-01-2003 : дата введения 01.01.2013. – Москва, 2012. – 81 с.
6. СНиП 31-05-2003. Общественные здания административного назначения. Взамен СНиП 2.08.02-89 : дата введения 01.09.2003. - Москва, 2003. – 34 с.
7. СТО НОП 2.1-2014. Требования по составу и содержанию энергетического паспорта жилого и общественного здания : дата введения 04.06.2014. – Москва, 2014. – 125 с.
8. ТКП 45-1.04-208-2010 (02250). Здания и сооружения. Техническое состояние и обслуживание строительных конструкций и инженерных систем и оценка их пригодности к эксплуатации : дата введения 15.07.2010. – Минск, 2011. – 27 с.
9. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные = Параметры микроклимата в помещениях. Interstate council for standardization, metrology and certification : межгосударственный стандарт : издание официальное : принят Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве : взамен ГОСТ 30494-96 : дата введения 01.01.2013 / разработан ОАО «СантехНИИпроект», ОАО «ЦНИИПромзданий». – Москва : Стандартиформ, 2013. – 15 с.

- 10.ГОСТ 32670-2014. Услуги бытовые. Услуги бань и душевых. Общие технические условия = Параметры микроклимата в помещениях. Services. Services of baths and shower-baths. General specifications : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 апреля 2014 г. : введен впервые : дата введения 01.01.2016 / разработан Закрытым акционерным обществом «Институт региональных экономических исследований» (ЗАО " ИРЭИ"). – Москва, 2016. – 20 с.
- 11.Богословский, В. Н. Внутренние санитарно-технические устройства : Справочное издание: в 3 ч / И. Г. Староверов, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканави. – Москва: Стройиздат, 1990. – 344 с.
- 12.Зингер, Н. М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем : 2-е издание, переработанное. – Москва : Энергоатомиздат, 1986. – 335 с.
- 13.Каганович, Б.М. Методы и алгоритмы расчета тепловых сетей / [В.Я. Хасилев, А.П. Меренков, Б.М. Каганович и др.]; Под общ. ред. В.Я. Хасилева и А.П. Меренкова. - Москва : Энергия, 1978. - 176 с.
- 14.Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям : под ред. М. О. Штейнберга. – 3-е издание, перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1992. – 672 с.
- 15.Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети : Учебник для вузов. - 7-е издание, стереотипное. – Москва : издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
- 16.Зубова, М.В. Оценка эффективности инвестиций в энергопроекты на основе программного продукта «ENERGY-INVEST» : Методические указания по дипломному проектированию для студентов специальности 1007 - "Промышленная теплоэнергетика" / М.В. Зубова, О.Н. Лазарева. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2003. – 16 с.
- 17.Кобелев Н. С. Энергосберегающие технологии, трубопроводы и оборудование систем теплогазоснабжения и вентиляции : монография / Н. С. Кобелев, Э. В. Котенко, А. Е. Полозов. - Курск : КурскГТУ, 2005. - 200 с.
- 18.Сухов, В. В. Инженерные сети : Учебное пособие / В. В.Сухов, М.С. Морозов : под общ. ред. В. В. Сухова. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2019. – 179 с.
- 19.Руководство Grunfos: Системы отопления частных домов.: 2008.– 86 с

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

Политехнический институт


институт

Теплотехники и гидрогазодинамики

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В. А. Кулагин

подпись инициалы, фамилия

«22» июня 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

код – наименование направления

Проект теплоснабжения промышленного здания

тема

Руководитель



доцент, канд. техн. наук


М. В. Колосов

подпись, дата

должность, ученая степень

инициалы, фамилия

Выпускник

 15.06.22

подпись, дата

Ю. А. Кулешова

инициалы, фамилия

Красноярск 2022