

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

_____	<u>В.А. Кулагин</u>
подпись	инициалы, фамилия
« <u>22</u> »	<u>июня</u> <u>2022</u> г.

Бакалаврская работа

13.03.01. – Теплоэнергетика и теплотехника

код – наименование направления

Проект теплоснабжения жилого здания

тема

Руководитель _____
подпись, дата

Доцент, к.т.н _____
должность, учёная степень

М.В. Колосов _____
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

И.Н. Питерцев _____
инициалы, фамилия

Красноярск 2022

Реферат

Выпускная квалификационная работа по теме «Проект теплоснабжения жилого здания» содержит и текстового документа, и использованных источников, и листа графической части.

Ключевые слова: СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ, ЧАСТНЫЙ ДОМ.

Объект квалификационной работы: коттедж площадью 430 м² по внутреннему обмеру здания.

Цель работы: проектирование системы отопления, расчёт ГВС и выбор необходимого оборудования.

В процессе работы была спроектирована система отопления здания; посчитана тепловая нагрузка на отопление и ГВС; подобрано необходимое оборудование для системы отопления и ГВС; посчитана смета затрат.

В заключении представлены выводы по проделанной работе.

Результаты работы представлены с помощью таблиц, рисунков, пояснительного текста.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1. Обзор системы отопления.....	9
1.1. Однотрубная и двухтрубная система.....	9
1.2. Периметральная и лучевая разводка отопления.....	11
1.3. Методы отопления жилого здания.....	13
1.4. Отопительные приборы.....	16
1.5. Выбор системы отопления для данного проекта.....	19
2. Расчёт тепловой нагрузки здания.....	20
2.1 Расчет ГСОП и нормируемых значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.....	20
2.2. Расчёт теплозащитных свойств ограждающих конструкций.....	21
2.2.1. Расчет теплозащитных свойств наружных стен.....	21
2.2.2 Расчет теплозащитных свойств перекрытия.....	22
2.2.3. Расчет теплозащитных свойств пола.....	22
2.2.4. Теплозащитные свойства оконных и дверных проемов.....	23
2.3. Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий.....	23
2.3.1 Расчёт удельной характеристики расхода тепловой энергии.....	23
2.3.2. Расчёт удельной вентиляционной характеристики здания.....	24
2.3.3. Расчёт средней кратности воздухообмена здания.....	25
2.3.4. Количество инфильтрующегося воздуха.....	26
2.3.5. Количество бытовых тепловыделений.....	26
2.3.6. Удельная характеристика тепlopоступлений от солнечной радиации.	27
2.3.7. Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию.....	28
2.4. Общие теплотери здания за отопительный период.....	28
2.5. Тепловая нагрузка на ГВС.....	28
2.6. Расчёт класса энергоэффективности.....	29
2.7. Расчёт отопительной нагрузки в помещениях.....	30
2.8. Энергетический паспорт проектного здания.....	33
3. Подбор отопительного оборудования.....	35
3.1. Газовый котёл.....	36

3.2. Электрический котёл	37
3.3. Твёрдотопливный котёл	38
3.3.1. Классические котлы.....	40
3.3.2. Пеллетные котлы	40
3.3.3. Котлы длительного горения	40
3.3.4. Пиролизные котлы.....	41
3.4. Жидкотопливные котлы	42
3.4.1 Устройство и принцип работы	43
3.5. Универсальные котлы	44
3.6. Выбор котла для отопления	45
3.7. Выбор электробойлера	47
4. Гидравлика.....	48
4.1 Отопительные приборы.....	48
4.1.1. Радиаторы чугунные.....	49
4.1.2. Стальные радиаторы.....	49
4.1.3. Алюминиевые радиаторы	49
4.2. Типы труб по материалу изготовления	50
4.2.1. Стальные трубы	50
4.2.2. Медные трубы для системы отопления.....	52
4.2.3. Полипропиленовые трубы	53
4.2.4 Трубы из сшитого полиэтилена.....	54
4.3. Выбор оборудования	54
4.3.1 Итоги гидравлического расчёта	54
4.3.2 Выбор отопительного прибора.....	63
4.3.3 Выбор труб	64
4.3.4. Выбор насоса.....	64
4.3.5. Выбор арматуры.....	66
4.3.6. Выбор расширительного бака	66
5. Экономическая часть проекта.....	67
5.1. Стоимость оборудования для отопления.....	67
5.2. Затраты на топливо за один отопительный период.....	67
Заключение	70

Список используемых источников.....	71
-------------------------------------	----

ВВЕДЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе представлен вариант теплоснабжения коттеджа. Коттедж будет находиться в городе Красноярск. Поэтому расчёт всех нагрузок на здания должен будет производиться с учётом климатических условий данного района, согласно всем нормативным документам.

Всё необходимое оборудование для системы отопления и ГВС будет выбираться исключительно российского производства. Так как в связи со сложившейся ситуацией в стране затруднена покупка иностранного, либо оно стоит намного дороже наших отечественных аналогов.

Данный дом будет построен из следующих материалов:

- Наружные стены – облицовочный кирпич и керамзитобетонные блоки;
- Нижнее перекрытие - железобетонная плита, стяжка, битумная мостика, минеральная вата, паркет;
- Чердачное перекрытие - железобетонная плита, минеральная вата, обрешетка, сосновые доски, пароизоляция;
- Внутренние стены – керамзитобетонные перегородки;
- Крыша – бетон монолитный, бетон брус для разравнивания, жёсткая изоляция, асфальт битум, мембрана из полиэтиленовой плёнки, кровельный войлок.

Обоснованные требуемом термическом сопротивлением толщины всех конструкционных материалов будут приведены в теплотехническом расчёте. Чердак данного здания будет холодным, поэтому основное утепление придётся на перекрытие второго этажа.

Задачами данного проекта являются:

- Обзор и выбор системы отопления;
- Теплотехнический расчёт здания;
- Гидравлический расчёт здания;
- Выбор необходимого оборудования для реализации проекта;
- Экономический расчёт.

Проектируемое здание для которого будут производиться расчёты представлено на рисунке 1. На рисунках 2 и 3 представлен план первого и второго этажа.



Рисунок 1 - Коттедж

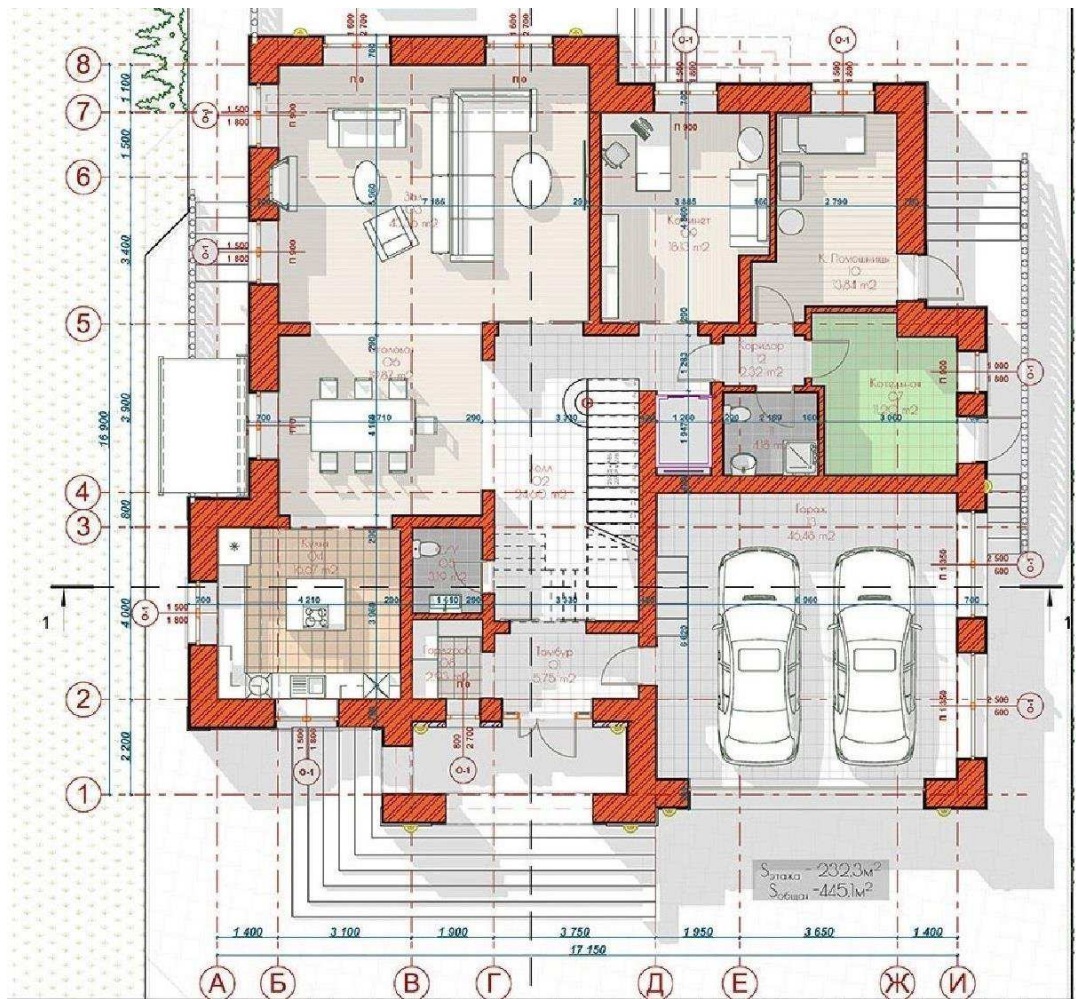


Рисунок 2 – План первого этажа

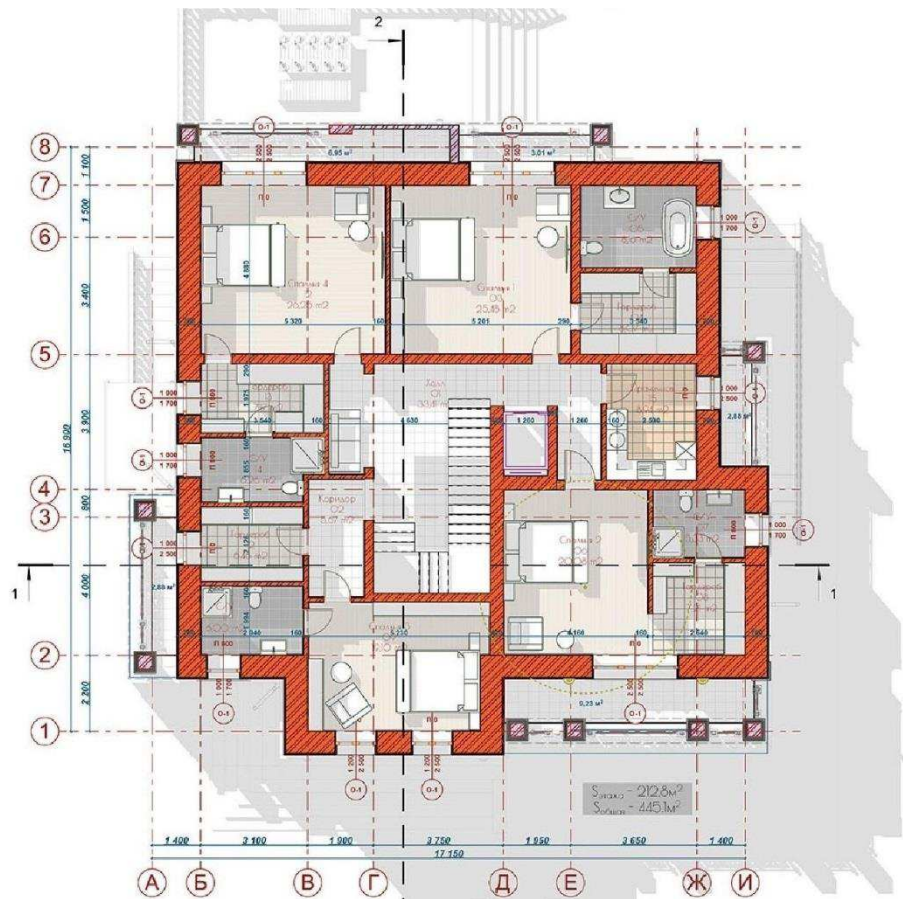


Рисунок 3 – План второго этажа

1. Обзор системы отопления

1.1. Однотрубная и двухтрубная система

Существует несколько видов систем отопления. Они отличаются по способу монтажа в помещении и принципу работы:

- однотрубная система – в которой имеется один контур. Из котла в контур входит горячая вода, пройдя все отопительные приборы возвращается уже охлажденной в котёл.

- двухтрубная система – она состоит из двух контуров. В одном циркулирует горячая вода, а в другом холодная.

Первоначально принцип работы системы отопления многоквартирного жилого дома - однотрубная схема. Он заключался в следующем: по подающей магистральной трубе (главному стояку) теплоноситель поднимается на верхний этаж здания (чердак). Опускаясь, последовательно протекает через все отопительные приборы и собирается в обратной магистрали. За годы эксплуатации, однотрубная система модернизировалась. В результате чего у абонентов были внедрены новые технические решения, позволяющие регулировать работу отдельных отопительных приборов, подключенных на одну трубу. На "подводках" к отопительным приборам смонтировали специальные замыкающие участки — байпасы. Которые представляют собой "перемычку" между ними и соединяют между собой подающую и обратную трубу от отопительного прибора. Который, в свою очередь, оснащался отсечной арматурой. Байпас давал возможность подключать к радиатору автоматический терморегулятор. Все это позволило регулировать температуру каждого отопительного прибора и при необходимости перекрывать подачу теплоносителя любого отдельного нагревательного прибора. Благодаря этому удалось повысить ремонтпригодность отдельных участков трубопровода, появилась возможность заменить (снять) отопительный прибор без отключения стояка. При поведении капитальных ремонтов (модернизации) таких систем, для гидравлической увязки, на стояках, устанавливали автоматические балансировочные клапаны, которые перераспределяют теплоноситель по другим веткам в случае перекрытия терморегуляторов.

Таким образом, к достоинствам современной однотрубной системы отопления можно отнести:

- гидродинамическая устойчивость системы;
- легкость проектирования и монтажа;
- малые затраты материалов и денежных средств при монтаже системы;

В то же время, к недостаткам однотрубной систем относятся:

- сложный тепловой и гидравлический расчет;
- высокое гидродинамическое сопротивление;
- ограниченное количество отопительных приборов на одном стояке;
- большая площадь поверхности концевых отопительных приборов по причине снижения температуры теплоносителя по длине стояка;
- высокие теплотери;
- отсутствие возможности автономных (поквартирных) решений систем отопления.

Двухтрубная система отопления является наиболее совершенной для автоматического регулирования. Она позволила решить недостатки однотрубной системы. Принцип работы двухтрубной системы отопления заключается в следующем - нагретый теплоноситель циркулирует от нагревателя к прибору отопления и обратно. Отличается такая система наличием двух веток трубопровода (стояков). По одному стояку (подающему) происходит транспортировка и распределение горячего теплоносителя, по второму (обратному) - охлажденная жидкость от отопительного прибора возвращается в тепловой узел.

В данном случае двухтрубная система вводит новые решения проблем однотрубной:

- трубопроводы по помещениям можно разводить по коллекторной системе с устройством коллекторного шкафа непосредственно у абонента, что обеспечит независимость работы каждого отопительного прибора (автономность при отоплении квартир);

- отопительные приборы можно подключить параллельно, что позволит продлить трубопровод в случае постройки дополнительных помещений в пределах одного этажа;

- данная система позволяет организовать равномерный прогрев каждого отопительного прибора, так как любому из них, на каком бы этаже он не находился, теплоноситель поступает с одинаковой температурой, благодаря чему можно уменьшить площадь поверхности отопительного прибора;

- при циркуляции теплоносителя отсутствуют большие потери давления. Поэтому для корректного функционирования системы не требуется мощный циркуляционный насос.

С другой стороны, при использовании двухтрубной системы отопления, можно отметить следующие сложности:

- более сложная схема подключения и настройки оборудования;

- более высокая стоимость при монтаже, так как требуется устройство дополнительного стояка возле каждого прибора отопления;
- более трудоемкий монтаж.

Таким образом, рассмотрев достоинства и недостатки однотрубной и двухтрубной систем отопления на примере многоквартирного жилого дома, можно сделать вывод о том, что схему отопления необходимо выбирать, исходя из целесообразности применения и поставленных задач.

1.2. Периметральная и лучевая разводка отопления

Периметральная характеризуется поэтапным движением теплоносителя по всем радиаторам отопления в пределах периметра этажа или квартиры. Подключение осуществляется к центральному стояку отопления. Такая разводка более привычная и требует меньшего метража труб, но при этом соединений и фитингов потребуется больше. В случае ремонта отдельного отопительного прибора необходимо отключение всего периметра. Достоинством такой системы является возможность скрытой разводки.

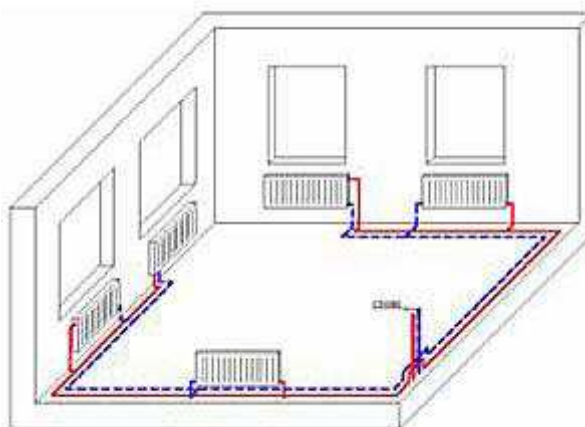


Рисунок 4 – Периметральная схема

Лучевая разводка системы отопления предполагает параллельное подключение отопительных приборов к распределительному коллектору. От каждого его узла к радиатору отдельно идут две трубы: подающая и обратная. Сам коллектор является крупногабаритной техникой, поэтому в большинстве случаев его предпочитают размещать в специальном шкафу.

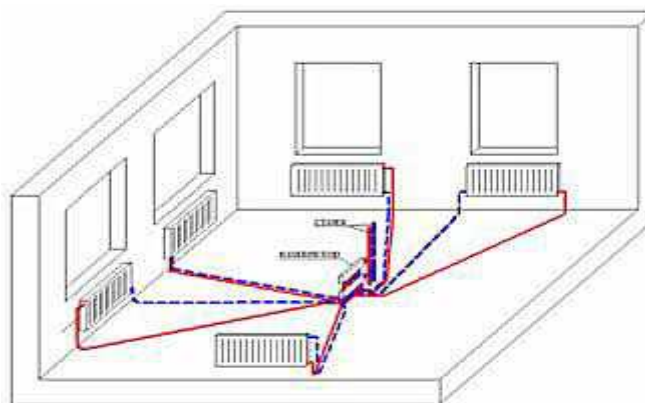


Рисунок 5 - Лучевая схема

При коллекторной разводке расход труб увеличивается, но все соединения остаются доступны, поэтому ремонт или замену можно провести намного быстрее, отключив только одну ветку отопления, с сохранением работоспособности остальных приборов. Каждый отдельно взятый «луч» системы легко отключается без ущерба для остальных помещений. Лучевая система эффективна не только благодаря своей гибкости, но и за счёт возможности установки современной автоматики. С помощью панели внешнего управления и обмена данными можно автоматически изменять температуру в соответствии с погодными условиями. А датчики в комнатах позволяют задать индивидуальные параметры, удобные для жильцов. Система с лучевой разводкой проще в монтаже и очень удобна в эксплуатации.

Преимущества лучевой системы:

- простота проектирования и монтажа: от распределительного коллектора до радиаторов используются трубы одного диаметра;
- отсутствие соединений при скрытой прокладке труб в полу;
- лёгкость монтажа за счёт небольшого количества соединительных элементов;
- гидравлическая стабильность лучевой системы;
- сбалансированность системы, все помещения прогреваются равномерно;
- возможность замены повреждённого фрагмента трубы без вскрытия пола;
- возможность отключения только одного радиатора с подающей и обратной магистралями (остальные радиаторы при этом работают);
- возможность регулировки температуры в каждом отдельном помещении механически или с помощью электроники;
- возможность установки регулирующей и запорной арматуры (датчиков расхода и температуры, воздухоотводчиков, запорных кранов и термоголовок).

Горизонтальная разводка труб связана с неизбежным пересечением трубами помещений, дверных проемов, поэтому применяется скрытая прокладка в стяжке и под штукатуркой, которая предполагает высокую долговечность трубопроводов 50 лет и более. При этом, трубопроводы должны выдерживать рекомендуемые параметры теплоносителя: температура до 90 С, давление до 1,0 МПа. Применение современных технологий монтажа и материалов, может гарантировать долговечную работу системы.

1.3. Методы отопления жилого здания

На сегодняшний день существует несколько систем отопления частного дома. Не представляет особого труда понять, как действует та или иная система отопления даже человеку, который никогда раньше не сталкивался с этой проблемой.

Системы отопления индивидуальных домов по типу теплоносителя подразделяются следующим образом:

- водяная система отопления, в которой трубы нагреваются горячей водой; является доминирующей в России по причине своей доступности и надежности;

- система воздушного отопления, отапливающая здание теплым воздухом;

- система электрического обогрева, отапливающая помещения при помощи электроприборов;

- система инфракрасного обогрева, нагревающая поверхности пола, стен и любых предметов, находящихся в помещении, посредством воздействия лучей инфракрасного спектра. Данный способ обогрева представляет наиболее современные системы отопления индивидуальных домов.

1.3.1 Система водяного отопления

В данной системе теплоносителем является вода, иногда им может являться антифриз. Вода подогревается в котельной установке, а далее циркулируя по замкнутому контуру передается отопительным приборам.

Отопительный прибор должен поддерживать комфортный микроклимат в помещении, а также покрывать тепловые нагрузки здания.

Современные отопительные приборы - главные элементы систем водяного отопления в городских квартирах и загородном жилье. Они эффективно обогревают помещение, помогая экономить энергию. Нагревательные приборы водяных систем отопления - это радиаторы, конвекторы и водяные теплые полы.

Приобретая отопительные приборы, покупатель сначала обращает внимание на их тепловую мощность.

В приборах водяного отопления циркулирует в качестве теплоносителя вода, температура которой приближается к 90–95С, поэтому важна безопасность — температура кожуха не должна превышать безопасный уровень 40–45 С.

1.3.2. Система воздушного отопления

В системе воздушного отопления теплоносителем является воздух. Задуматься о таком отоплении здания нужно еще во время его проектирования. Так как после постройки здания будет очень сложно спрятать воздуховоды, по которым движется воздух.

Принцип работы данной системы заключается в следующем. В теплообменнике нагревается воздух и подаётся по воздуховодам в помещение. Смешиваясь с комнатным воздухом происходит обогрев помещения. Охлаждаясь, воздух поступает вниз, и обратному воздуховоду вновь возвращается в теплообменник.

Такая система может работать с естественной и принудительной циркуляцией воздуха.

При естественной циркуляции нагретый в теплообменнике воздух движется по воздуховоду подаётся в помещении. Охлаждаясь и смешиваясь с холодным воздухом, он опускается вниз и так же по воздуховоду попадает в теплообменник.

Основным недостатком такой системы является низкая скорость теплоносителя. Из-за этого помещение будет обогреваться достаточно медленно.

При принудительной подаче воздуха система оборудуется вентиляционной установкой, которая продвигает воздух к отапливаемому помещению. В результате этого скорость движения воздуха по воздуховоду значительно возрастает, и помещение обогревается значительно быстрее. Благодаря этому будет увеличена скорость подачи воздуха обратно в теплообменник с высокими параметрами. Так как ещё не до конца охладившийся воздух поступит обратно в теплообменник для нагрева, мы будем тратить меньше энергии на его повторный нагрев. Это даст нам не большую экономию денежных средств.

Так же существует два способа подачи нагретого воздуха в помещении: напольное и подвесное.

При напольной подаче, воздух по встроенным в пол каналам будет стремиться снизу вверх. Это обеспечит более эффективное перемешивание воздушных масс, и помещение прогреется быстрее. Такая система обеспечивает наибольшую температуру воздуха внизу. В верхней части будет чуть холоднее.

При подвесной системе подачи вывод воздуха из воздуховода располагается в верхней части комнаты. Наибольшая температура воздуха будет

в верхней части, а в нижней будет холоднее, так как нагретый воздух стремится в верх и только охлаждаясь он будет опускаться вниз. В нижней части будет наименьшее смешивание воздушных масс.

Из плюсов такой системы можно отметить:

- Не высокая эксплуатационная стоимость всего оборудования;
- Возможность отключения или включения системы в любое время. Так как выключенная система не придёт в негодность в холодное время года;
- Отсутствие затрат на теплоноситель;
- Довольно высокий КПД в 90 %;
- Возможно проводить монтажные работы самостоятельно.

1.3.3 Система электрического обогрева

Электрическое отопление предусматривает обогрев системы с помощью электроэнергии. Преимущество такой системы заключается в доступности и высоком КПД. Такое отопление можно организовать с помощью тёплых полов, конвекторов и прочих изделий.

В такой системе используют двух тарифный счётчик использования электричества. Его главной особенностью является то, что во время низких нагрузок на электричество его стоимость понижается. Обычно это происходит в ночное время, когда спрос на электроэнергию минимален. Поэтому электрическое отопление в основном используют в ночное время, а дневное используют другой способ отопления.

На сегодняшний момент использую несколько способов электрического отопления:

- С помощью электрических котлов. В них теплоноситель нагревается от тэна, работающего от электроэнергии. А дальше теплоноситель циркулирует в системе обогревая помещения. У таких котлов высоких КПД и простата эксплуатации. Они исключают проектирование дымохода и чистки;

- Электрические конвекторы. Они активно применяются в обогреве небольших помещений, и довольно быстро нагревают его. Принцип их работы довольно прост. Воздух нагревается тэном и благодаря разности плотностей циркулирует в помещении, тем самым обогревая его. Но из-за небольшой мощности в больших помещениях они должны быть в большем количестве;

- Так же электрический обогрев можно сделать с помощью тёплых полов. Но из-за ограниченной температуры пола их комбинируют с другими отопительными системами.

Из преимуществ такой системы можно выделить:

- Простота в управлении и обслуживании благодаря автоматике;
- Экологическая безопасность. Так как при работе система не выделяет токсичных веществ в окружающую среду;
- Компактность. Некоторое оборудование можно перенести в другое помещение чтобы оно отапливалось;
- Отсутствие больших эксплуатационных затрат и монтажных работ;

К недостаткам такой системы относят высокую стоимость электроэнергии и полную зависимость от нее.

1.3.4. Система инфракрасного обогрева

В отличие от привычных нам методов обогрева, инфракрасное излучение нагревает не воздух, а непосредственно тело, на которое попадают ИК лучи.

Инфракрасный обогреватель можно сравнить с небольшим солнцем, лучи которого проходя через светопропускающие объекты, нагревают предмет, который не пропускает его лучи.

В основном такие нагреватели используют для обогрева конкретной области или предмета. Но также они могут использоваться для вспомогательного обогрева, обогрева конкретной области на улице, либо при проведении строительных работ, обогрева теплиц, гаражей либо курятников.

Для того, чтобы в ходе использования обогревателей поверхность не перегревалась, активно используют регуляторы излучения.

Из плюсов такого метода обогрева можно отметить высокую скорость нагрева поверхности и высокий КПД. А к минусам относят не долгий срок службы таких приборов. Поэтому такой обогрев применяют на короткое время.

1.4. Отопительные приборы

На сегодняшний день существует большое количество отопительных приборов, благодаря которым поддерживается оптимальная температура в помещении. В основном они отличаются эффективностью, по способу действия и монтажа.

1.4.1 Радиаторы

Радиатор — традиционный прибор водяного отопления. Он отдает до 30 % теплового потока в виде излучения, оставшуюся часть — в виде конвекции. Радиатор отопления может быть стальным, чугунным, алюминиевым или биметаллическим. Каждый из этих видов имеет свои уникальные особенности и характеристики.

Радиаторы имеют простой принцип работы. Нагретый до определённых параметров теплоноситель перемещаясь по трубам поступает в радиатор. Благодаря большой площади поверхности нагрева, радиатор интенсивно нагревает воздух, создавая циркуляцию воздуха в помещении и обогрев его. В основном его устанавливают под оконными изделиями или возле них, для наиболее эффективного движения воздуха. Степень отдачи тепла радиатора зависит от его конструкции и материала из которого он сделан.

1.4.2. Конвекторы

Основой конструкции конвектора является нагревательный элемент, заключенный в кожух. Охлажденный комнатный воздух подтекает к нему снизу, нагревается и поднимается вверх. Это явление названо конвекцией, на него приходится свыше 90 % теплового потока, идущего от отопительного прибора.

Конвекторы получили наибольшее распространение в автономных системах отопления, поскольку они в особенности эффективны при невысоких температурах теплоносителя. Конвектор может прогреть помещение, даже если температура теплоносителя составляет всего лишь 40 °С.

Для удобства пользования конвектор оборудован воздушным клапаном и сливной трубкой. Благодаря встроенному термостату и регулятору напора воды, его эксплуатация достаточно экономична.

Конструктивно конвектор может быть выполнен с использованием четырех технических решений:

- радиаторные конвекторы представляют собой комбинацию двух приборов, что отражено в самом названии отопительного прибора. Их рекомендуется располагать возле окон на полу или маленьких подставках;

- плинтусные конвекторы имеют небольшую высоту (90–100 мм), поэтому не нуждаются в нишах. Их можно располагать в полу под большими окнами, усиливая при необходимости слабый конвективный поток медленно вращающимся вентилятором;

- конвекторы, заглубленные в пол, могут быть оптимальным вариантом для жилых помещений, расположенных на первых этажах зданий, поскольку прибор помещается в некое подобие шахты. Холодный воздух, стекающий вдоль окна, свободно попадает в конвектор, поток же теплого воздуха от конвектора создает естественную циркуляцию в помещении. Основным недостатком таких конвекторов является сложность их ремонта;

- конвекторы, закрытые декоративным экраном, украшают собой интерьер и несколько не теряют в теплоотдаче, чем существенно отличаются от радиаторов. Экран конвектора способствует усилению воздушной тяги.

1.4.3. Тёплые полы

Система обогрева тёплых полов набирает большую популярность в наше время. Она создаёт оптимальный микроклимат в помещении и прогревает большую площадь помещения. Правда прогреть помещение до нужной нам температуры не получится. Это происходит из-за того, что энергия, отдаваемая тёплыми полами недостаточно для прогрева всего помещения. Она ограничивается температурой пола, оптимальной для человека. Если мы будем нагревать пол сильнее, то это создаст некомфортные условия для человека. Поэтому такую систему в основном используют в комбинации с другой.

Принцип действия такой системы базируется на использовании теплоносителя и материала, имеющего высокую теплоемкость. В случае водяных «теплых полов» нагревательным элементом служит труба, в которой под действием теплового насоса циркулирует нагретая жидкость. Чаще всего в качестве теплоносителя используется вода, реже - антифриз. Жидкость нагревается в котле.

В первом случае в системе используется сложный контур из труб, в котором движется вода из отопительной системы или котла. Трубы изготавливаются, как правило, из полиэтилена, металлопластика или меди и заливаются в бетон. Стяжка служит аккумулятором, поэтому такие полы греют лучистым теплом. Особенностью такой конструкции является то, что пол достаточно долго нагревается и медленно остывает.

Для укладки труб в конструкции «сухой» настильной системы водяных полов используются маты из полистирола с шипами. С обратной стороны эти маты могут иметь слой теплоизоляции, а сверху вся конструкция покрывается водоотталкивающей прокладкой, на которую укладывается окончательное покрытие. Для быстрого съема тепла и отражения его в помещение трубы часто устанавливаются в специальные алюминиевые пластины с желобами.

Из-за того, что теплу негде аккумулироваться, «сухие» водяные полы нагреваются гораздо быстрее, но также быстро остывают. К преимуществам такой конструкции относят небольшой вес, более равномерное и эффективное распределение тепловой энергии и отсутствие «мокрых» процессов. Монтаж такой системы быстрый, но тем не менее достаточно сложный и дорогостоящий. Компенсируется сниженными затратами на эксплуатацию.

В основном такая система отопления широко используется в частных домах. В общественных и административных зданиях такую систему не используют из-за высоких денежных вложений.

В большинстве случаев, напольный водяной обогрев в своем составе имеет такие элементы:

- отопительный контур из труб;
- гидроизоляционный и теплоизоляционный слой;

- коллектор и смесительный узел;
- циркуляционный насос для принудительной перекачки теплоносителя;
- стяжка, которая передает тепловую энергию помещению.

«Теплый пол» может использоваться в качестве основной системы отопления или в качестве вспомогательного источника тепла. Важно учитывать, что возможность полноценного обогрева квартиры такой системой может оцениваться только после сопоставления потерь тепла и теплоотдачи пола. Водяные системы предпочтительнее электрических в том случае, когда «теплый пол» рассматривается как альтернатива традиционной системе отопления. При использовании «теплого пола» в качестве вспомогательного источника тепла, задачей системы служит отопление отдельных участков покрытия пола. В этом случае предпочтительнее применять электрические разновидности «теплого пола», так как электропровод имеет постоянную температуру нагрева, не меняющуюся по длине.

Существует несколько схем укладки труб водяного пола, основные из которых: «улитка», или «спираль», и «змейка».

«Улитка» - самый распространенный, экономичный и эффективный способ укладки труб. Сначала описывается периметр комнаты, начиная с края. Затем трубы, сокращая радиус, постепенно сводятся в центр, где разворачиваются и прокладываются дальше в обратном направлении. В такой схеме тепло равномерно распределяется по полу, без возникновения «тепловых ям». Также преимуществом такой схемы является удобная длина шага (возможность монтажа с шагом от 10 мм до любого необходимого размера) и несильные изгибы трубы.

При укладке труб «змейкой» довольно часто возникают потери тепла за счет того, что горячая вода поступает только с одной стороны, а по мере движения в трубах она остывает и теряет свою энергию. Поэтому в конце схемы температура теплоносителя ощутимо ниже. Температура неравномерно распределяется по полу, снижаясь по мере удаления от узла смешивания теплоносителя. Также характерна трудность монтажа из-за сильных изгибов трубы (на 180°).

Подводя итог, можно отметить, что эффективность той или иной системы отопления, в первую очередь, зависит от способа утепления дома и правильного расчета мощности отопительных приборов относительно площади помещений. При малых потерях тепла правильно спроектированные и смонтированные системы обогрева пола будут эффективны. Если же потери тепла в доме значительные, то целесообразнее использовать радиаторы, либо рассмотреть возможность комбинированного отопления.

1.5. Выбор системы отопления для данного проекта

Было принято решение выбрать систему отопления с лучевой разводкой. Монтаж такой системы будет дороже, чем монтаж системы с периметральной разводкой. Но благодаря лучевой разводке, в случае если произойдет поломка на каком-то участке, то отключение отопления произойдет только в одном помещении. Остальные помещения будут отапливаться и будут поддержаны оптимальные условия в них. В качестве теплоносителя будет использоваться вода, т.к. она дешевле и эффективней. А в качестве отопительного прибора был выбран радиатор.

2. Расчёт тепловой нагрузки здания

Тепловая нагрузка здания будет рассчитываться согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». На сегодняшний день это актуальная версия свода правил по расчёту.

2.1 Расчет ГСОП и нормируемых значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Минимальные значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий принимаем в соответствии с показателем, называемым градусо-сутками отопительного периода (D_d), рассчитываемым по формуле 5.2, пункта 5.2 из СП 50.13330.2012:

$$D_d = (t_b - t_{от}) \cdot z_{от} \quad (2.1.1.)$$

где t_{int} – расчетная температура воздуха в помещении, °С;

t_{ht} - средняя за отопительный период температура °С;

z_{ht} - продолжительность отопительного периода в сутках.

где $t_{от}$, $z_{от}$ - средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут/год, отопительного периода. Они принимаются согласно СП 131.13330 для жилых и общественных зданий для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°С;

t_b - расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая при расчете ограждающих конструкций групп зданий указанных в таблице 3: по поз.1 - по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494 (в интервале 20-22 °С); по поз.2 - согласно классификации помещений и минимальных значений оптимальной температуры по ГОСТ 30494 (в интервале 16-21 °С); по поз.3 - по нормам проектирования соответствующих зданий.

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче $R_{от}^{TP}$, м²·град/Вт

$$R_{от}^{TP} = a \cdot D_d + b \quad (2.1.2.)$$

где D_d - градусо-сутки отопительного периода, °С·сут.

a, b – коэффициенты, значения которых принимают по таблице 3, п 5.2, СП 50.13330.2012.

Таблица 1 – Сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций

Наименование Ограждений	$R_{от}^{тр}, \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$
Стены	3,578
Потолок	4,7
Пол	4,7

2.2. Расчёт теплозащитных свойств ограждающих конструкций

2.2.1. Расчет теплозащитных свойств наружных стен.

Из условий проектирования здания принимаем следующую конструкцию наружных стен:

- кирпич облицовочный $\delta_2 = 0,12$ м;
- керамзитобетон х.
- $\lambda_1 = 0,21$ – коэффициент теплопроводности облицовочного кирпича, $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$;
- $\lambda_2 = 0,14$ – коэффициент теплопроводности керамзитобетона, $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$

Фактическое сопротивление теплопередаче можно определить по формуле:

$$R_{ст} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{x}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_n} = R_{от}^{тр} \quad (2.2.1.1.)$$

где $\alpha_{вн} = 8,7$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения для условий холодного периода, Вт/м²·град. Принимаем из таблицы 4, пункт 5.2 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;

$\alpha_n = 23$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций, Вт/м²·град. Из таблицы 6, пункт 5.4, СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;

$\lambda_1 = 0,21$ – коэффициент теплопроводности облицовочного кирпича, $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$;

$\lambda_2 = 0,14$ – коэффициент теплопроводности керамзитобетона, $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$

Находим требуемую толщину керамзитобетона:

$$R_{\text{от}}^{\text{тр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{0,21} + \frac{x}{0,14} + \frac{1}{23} = 3,5784 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (2.2.1.2.)$$

$$x = 0,4 \text{ м.}$$

Находим фактическое сопротивление теплопередачи наружных стен:

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = 3,587 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (2.2.1.3.)$$

2.2.2 Расчет теплозащитных свойств перекрытия.

- железобетонная плита $\delta_1 = 0,15$ м;
- минеральная вата x ;
- обрешетка $\delta_3 = 0,03$ м;
- сосна $\delta_4 = 0,04$ м.
- пароизоляция $\delta_5 = 0,002$ м.
- $\lambda_1 = 1,92$ – коэффициент теплопроводности железобетона, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$;
- $\lambda_2 = 0,039$ – коэффициент теплопроводности мин. ваты, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$;
- $\lambda_3 = 0,23$ – коэффициент теплопроводности обрешетки, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$;
- $\lambda_4 = 0,14$ – коэффициент теплопроводности сосны, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$;
- $\lambda_5 = 0,17$ – коэффициент теплопроводности пароизоляции, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$;

Фактическое сопротивление теплопередаче можно определить по формуле:

$$R_{\text{тр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{x}{\lambda_2} + 2 \cdot \frac{\delta_3}{\lambda_3} + 2 \cdot \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = R_{\text{от}}^{\text{тр}} \quad (2.2.2.1.)$$

Расчётное количество утеплителя для покрытия требуемого термического сопротивления

$$R_{\text{от}}^{\text{тр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,15}{1,92} + \frac{x}{0,039} + 2 \cdot \frac{0,03}{0,23} + 2 \cdot \frac{0,04}{0,14} + \frac{0,002}{0,17} + \frac{1}{23} = 4,291 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (2.2.2.2.)$$

$$x=0,15 \text{ м}$$

Находим фактическое сопротивление теплопередачи перекрытия:

$$R_{\text{пер}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + 2 \cdot \frac{\delta_3}{\lambda_3} + 2 \cdot \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = 4,92 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (2.2.2.3.)$$

2.2.3. Расчет теплозащитных свойств пола.

- железобетонная плита $\delta_1 = 0,15$ м;
- стяжка $\delta_2 = 0,02$ м;
- битумная мостика $\delta_3 = 0,009$ м;

- минеральная вата x ;
- паркет $\delta_5 = 0,015$ м.
- $\lambda_1 = 1,92$ – коэффициент теплопроводности железобетона, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$;
- $\lambda_2 = 0,93$ – коэффициент теплопроводности стяжки, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$;
- $\lambda_3 = 0,24$ – коэффициент теплопроводности бит. мостики, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$;
- $\lambda_4 = 0,039$ – коэффициент теплопроводности мин. ваты, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$;
- $\lambda_5 = 0,2$ – коэффициент теплопроводности паркета, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$.

Фактическое сопротивление теплопередаче можно определить по формуле:

$$R_{\text{пол}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{x}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = R_{\text{от}}^{\text{тр}} \quad (2.2.3.1.)$$

Расчётное количество утеплителя для покрытия требуемого термического сопротивления

$$R_{\text{от}}^{\text{тр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,15}{1,92} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,009}{0,24} + \frac{x}{0,039} + \frac{0,015}{0,2} + \frac{1}{23} = 4,7 \frac{\text{м}^2\cdot\text{°C}}{\text{Вт}} \quad (2.2.3.2.)$$

$$x=0.15 \text{ м}$$

Находим фактическое сопротивление теплопередачи пола:

$$R_{\text{пол}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{x}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = 4,931 \frac{\text{м}^2\cdot\text{°C}}{\text{Вт}} \quad (2.2.3.3.)$$

2.2.4. Теплозащитные свойства оконных и дверных проемов.

Требуемое термическое сопротивление оконных изделий я буду брать согласно СП 23.101.2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

$$R_{\text{окон}} = 0,65 \frac{\text{м}^2\cdot\text{°C}}{\text{Вт}}$$

Требуемое термическое сопротивление входных и гаражных дверей:

$$R_{\text{дв.вх}} = 0,35 \frac{\text{м}^2\cdot\text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{гараж}} = 0,15 \frac{\text{м}^2\cdot\text{°C}}{\text{Вт}}$$

2.3. Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий

2.3.1 Расчёт удельной характеристики расхода тепловой энергии

Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания следует определять по формуле:

$$q_{от}^p = k_{об} + k_{вент} - \beta_{КПИ}(k_{рад} + k_{быт}) \quad (2.3.1.1.)$$

где $k_{об}$ - удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м·°С), определяется в соответствии с приложением Ж СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;

$k_{вент}$ - удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м·°С);

$k_{быт}$ - удельная характеристика внутренних теплопоступлений здания, Вт/(м·°С);

$k_{рад}$ - удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м·°С);

ζ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемое значение:

$\zeta = 0.95$ – в двухтрубной системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе;

$\beta_{КПИ}$ - коэффициент полезного использования теплопоступлений, определяемый по формуле

$$\beta_{КПИ} = K_{рег}/(1 + 0,5n_v) \quad (2.3.1.2.)$$

здесь $K_{рег}$ - коэффициент эффективности регулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения:

$K_{рег} = 0,95$ - в системе отопления с местными терморегуляторами и пофасадным авторегулированием на вводе;

v – коэффициент снижения теплопоступлений за счёт тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемые значения определяются по формуле

$$v = 0.7 + 0.000025 \cdot (\text{ГСОП} - 1000) \quad (2.3.1.3.)$$

- средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч.

2.3.2. Расчёт удельной вентиляционной характеристики здания

Удельную вентиляционную характеристику здания следует определять по формуле.

$$k_{вент} = 0.28c_n \beta_v \rho_v^{вент} (1 - k_{эф}) \quad (2.3.2.1.)$$

где c – удельная теплоёмкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);

β_v – коэффициент снижения объёма воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать $\beta_v = 0.85$;

$\rho_{\text{вент}}^{\text{вент}}$ - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м, определяемая по формуле

$$\rho_{\text{вент}}^{\text{вент}} = 353/[273 + t_{\text{от}}] \quad (2.3.2.2.)$$

Здесь $t_{\text{от}}$ - то же, что и в формуле (5.2), °С;

$L_{\text{вент}}$ - количество приточного воздуха в здание, м/ч, определяемое по Г.3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;

$n_{\text{вент}}$ - число часов работы механической вентиляции в течение недели;

$G_{\text{инф}}$ - количество инфильтрующегося воздуха в здание, кг/ч, определяемое по Г.4 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;

$n_{\text{инф}}$ - число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий со сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и $(168 - n_{\text{вент}})$ для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции;

$V_{\text{от}}$ - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м³;

$K_{\text{эф}}$ - коэффициент эффективности рекуператора.

2.3.3. Расчёт средней кратности воздухообмена здания

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч, рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле

$$n_{\text{в}} = \left[\frac{L_{\text{вент}} n_{\text{вент}}}{168} + \frac{G_{\text{инф}} n_{\text{инф}}}{168 \rho_{\text{вент}}^{\text{вент}}} \right] / (\beta_{\text{в}} V_{\text{от}}) \quad (2.3.3.1.)$$

где $L_{\text{вент}}$ - количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м /ч, равное для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м² общей площади на человека - $3A_{\text{ж}}$;

б) других жилых зданий - $0.35h_{\text{эт}}A_{\text{об}}$, но не менее 30 м, где $A_{\text{об}}$ - общая площадь квартир, м²; m - расчетное число жителей в здании;

в) общественных и административных зданий определяют согласно подразделу проектной документации "Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети" с учетом баланса приточного и вытяжного воздуха, в том числе при использовании систем рециркуляции, либо

согласно приложению В СП 60.13330.2020 с учетом количества человек в помещениях;

$A_{ж}$ - для жилых зданий - площадь жилых помещений, к которым относятся спальни, детские, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые, m^2 ;

$h_{эт}$ - высота этажа от пола до потолка, м;

168 - число часов в неделе;

$G_{инф}$ - количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч, определяемое согласно Г.4 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;

β_v - коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных следует принимать $\beta_v=0,85$.

2.3.4. Количество инфильтрующегося воздуха

Количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в лестничную клетку жилого здания или в помещения общественного здания через неплотности заполнения проемов, полагая, что все они находятся на наветренной стороне, следует определять по формуле

$$G_{инф} = \left(\frac{A_{ок}}{R_{и,ок}^{тр}} \right) \left(\frac{\Delta p_{ок}}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{A_{дв}}{R_{и,дв}^{тр}} \right) \left(\frac{\Delta p_{дв}}{10} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.3.4.1.)$$

где $A_{ок}$ и $A_{дв}$ - соответственно суммарная площадь окон, балконных дверей и входных наружных дверей, m^2 ;

$R_{и,ок}^{тр}$ и $R_{и,дв}^{тр}$ - соответственно фактическое сопротивление воздухопроницанию светопрозрачных конструкций и входных наружных дверей, $(m \cdot ч)/кг$;

$\Delta p_{ок}$ и $\Delta p_{дв}$ - соответственно расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха, Па, для окон и балконных дверей и входных наружных дверей, определяют по формуле (7.2) СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» для окон и балконных дверей с заменой в ней величины 0,55 на 0,28 и с вычислением удельного веса.

2.3.5. Количество бытовых тепловыделений

Удельную характеристику бытовых тепловыделений жилых зданий $k_{быт}$, Вт/($m \cdot ^\circ C$), следует определять по формуле

$$k_{быт} = \frac{q_{быт} A_{ж}}{V_{от}(t_{в} - t_{от})} \quad (2.3.5.1.)$$

Величину технологических (бытовых) тепловыделений определяем по формуле:

$$Q_{\text{БЫТ}} = 0,0864 * q_{\text{БЫТ}} * z_{ht} * A_{\text{ж}} \quad (2.3.5.2.)$$

где $A_{\text{ж}}$ - полезная площадь помещений жилого здания, м²

$q_{\text{БЫТ}}$ – величина бытовых тепловыделений на 1 м площади жилых помещений, Вт/м, принимаемая для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м общей площади на человека 17 Вт/м;

б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 м общей площади и более на человека 10 Вт/м;

в) других жилых зданий - в зависимости от расчетной заселенности квартир по интерполяции величины между 17 и 10 Вт/м;

2.3.6. Удельная характеристика теплопоступлений от солнечной радиации.

Удельную характеристику теплопоступлений в здание от солнечной радиации $k_{\text{рад}}$, Вт/(м·°С), следует определять по формуле

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6Q_{\text{рад}}^{\text{ГОТ}}}{(V_{\text{отГСОП}})} \quad (2.3.6.1.)$$

где $Q_{\text{рад}}^{\text{ГОТ}}$ - теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемые по методике раздела 10 СП 345.1325800.2017.

$$Q_{\text{рад}}^{\text{оп}} = \sum_j [l_j^{\text{вер}} \cdot \sum_{l=1}^L g_{jl} \cdot \tau_{2jl} \cdot A_{jl}] + l^{\text{гор}} \cdot \sum_{y=1}^Y g_{\text{фон}} \cdot \tau_{2\text{фон}} \cdot A_{\text{фон}} \quad (2.3.6.2.)$$

где $l_j^{\text{вер}}$ - суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность на широте 56, МДж/год·м², принимается из п.9.1, СП 131.13330.2020 «Строительная климатология». Равна 57, 100, 358 для северной стороны, восточной/западной и южной, соответственно.

$l^{\text{гор}}$ - суммарная радиация за отопительный период для горизонтальной поверхности, МДж/год·м². принимается из п.8.1, СП 131.13330.2020 «Строительная климатология», равна 121.

$A_{jl}, A_{\text{фон}}$ – площадь окон, ориентированных по направлению j и зенитных фонарей, соответственно, м².

$g_{jl}, g_{\text{фон}}$ – коэффициенты общего пропускания солнечной энергии для окон, ориентированных по направлению j , и зенитных фонарей,

соответственно, определяются по приложению Б, СП 345.1325800.2017 «Здания жилые и общественные».

$\tau_{2jl}, \tau_{2фон}$ – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема окон и зенитных фонарей, непрозрачными элементами заполнения. Рассчитываем согласно п10.3, СП 345.1325800.2017 «Здания жилые и общественные».

2.3.7. Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период q , кВт·ч/(м²·год) или, кВт·ч/(м³·год) следует определять по формулам:

$$q = 0.024ГСОПq_{от}^p \quad (2.3.7.1.)$$

$$q = 0.024ГСОПq_{от}^p h \quad (2.3.7.2.)$$

где $q_{от}^p$ - то же, что в Г.1 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;

h - средняя высота этажа здания, м, равная $\frac{V_{от}}{A_{от}}$;

$A_{от}$ - сумма площадей этажей здания, измеренных в пределах внутренних поверхностей наружных стен, м², за исключением технических этажей и гаражей;

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $Q_{от}^{год}$, кВт·ч/год, следует определять по формуле

$$Q_{от}^{год} = 0.024ГСОПV_{от}q_{от}^p \quad (2.3.7.3.)$$

2.4. Общие теплотери здания за отопительный период

Общие теплотери здания за отопительный период $Q_{общ}^{год}$, кВт·ч/год, следует определять по формуле

$$Q_{общ}^{год} = 0.024ГСОПV_{от}(k_{об} + k_{вент}) \quad (2.4.1.)$$

2.5. Тепловая нагрузка на ГВС

Тепловая нагрузка на ГВС определялась в соответствии с СП 30.13330.2020 «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Согласно СП 124.13330.2020 «Тепловые сети», пункт 5.3, мы должны определить средне часовую нагрузку на горячее водоснабжение.

Расход тепла Q_T^h , кВт, на приготовление горячей воды с учетом потерь тепла подающими и циркуляционными трубопроводами Q^{ht} в течении часа следует определять по формуле:

$$Q_T^h = 1,16q_T^h(t^h - t^c) + Q^{ht} \quad (2.5.1.)$$

где q_T^h - средний часовой и максимальный часовой расходы горячей воды, м³/ч. Его следует определять по формуле:

$$q_T^h = \frac{\sum_1^i q_{u,i} U_i}{1000T} \quad (2.5.2.)$$

$q_{u,i}$ - общий расход воды потребителем в сутки наибольшего водопотребления (принимаемый по таблице А.2 СП 30.13330.2020 «Внутренний водопровод и канализация зданий»), л;

T- расчетное время, ч, потребления воды (за сутки);

U- число водопотребителей;

t^h - температура горячей воды в местах водоразбора или на границе балансовой принадлежности, для предварительных расчетов допускается принимать 65°C;

t^c - температура в системе холодного водоснабжения, при отсутствии данных следует принимать 5°C;

Q^{ht} - в зависимости от расположения ИТП, принятой конструктивной схемы горячего водоснабжения, диаметров подающих и циркуляционных трубопроводов, типа изоляции определяется расчетом и может составлять 20%-60% q_T^h . В проектной документации значение ориентировочно принимают равным 30%-40%.

2.6. Расчёт класса энергоэффективности

В соответствии с приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 06 июня 2016 года № 399 «Об утверждении правил определения классов энергетической эффективности» класс энергетической эффективности (далее - класс энергетической эффективности) определяется по результатам:

- оценки архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений, реализованных в здании;

- установления показателей, характеризующих годовые удельные величины расхода энергетических ресурсов, в том числе с использованием инструментальных или расчетных методов;

- величины отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода энергетических ресурсов от нормируемого уровня, устанавливаемого требованиями энергетической эффективности зданий, строений, сооружений.

Согласно таблице №2 приказа Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 06 июня 2016 года № 399 «Об утверждении правил определения классов энергетической эффективности», норматив удельного потребления тепловой энергии для общественных зданий 2 этажей равен 200 кВт · ч/м²

$$q_{\text{гр}}^{\text{н}} = \frac{0.19-0.3015}{0.3015} * 100 = -37 \quad (2.6.1.)$$

Полученное значение ниже требуемого на -37%, что соответствует классу энергоэффективности – В + (высокий)

2.7. Расчёт отопительной нагрузки в помещениях

Таблица 2 – расчёт нагрузки на отопление в помещениях

№ помещения	Наименование ограждающей конструкции	Характеристики помещения			Q, Вт
		k, Вт/м ² ·°C	F, м ²	Δt, °C	
1	Стены	0,279	28,50	57	453,24
	Окна	2,326	5,40	57	715,81
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	0,00	57	0,00
	Пол	0,203	17,20	57	199,02
2	Стены	0,279	10,05	57	159,83
	Окна	2,326	2,70	57	357,91
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	0,00	57	0,00
	Пол	0,203	20,64	57	238,83
3	Стены	0,279	34,26	57	544,84
	Окна	2,326	14,04	57	1861,12
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	0,00	57	0,00
	Пол	0,203	47,10	57	544,99
4	Стены	0,279	6,96	57	110,68
	Окна	2,326	2,70	57	357,91
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	0,00	57	0,00
	Пол	0,203	15,34	57	177,50

Продолжение таблицы 2

5	Стены	0,279	19,86	57	315,83
	Окна	2,326	2,70	57	357,91
	Двери	2,834	2,10	57	339,23
	Потолок	0,233	0,00	57	0,00
	Пол	0,203	13,94	57	161,24
6	Стены	0,279	12,52	57	199,11
	Окна	2,326	1,70	57	225,35
	Двери	2,834	2,10	57	339,23
	Потолок	0,233	0,00	57	0,00
	Пол	0,203	12,40	57	143,48
7	Стены	0,279	40,98	57	651,70
	Окна	2,326	3,00	57	397,67
	Двери	6,277	11,55	57	4132,46
	Потолок	0,233	0,00	57	0,00
	Пол	0,203	49,00	57	566,98
8	Стены	0,279	6,30	57	100,19
	Окна	2,326	0,00	57	0,00
	Двери	2,834	4,20	57	678,46
	Потолок	0,233	0,00	57	0,00
	Пол	0,203	6,27	57	72,55
9	Стены	0,279	3,54	57	56,30
	Окна	2,326	2,16	57	286,33
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	0,00	57	0,00
	Пол	0,203	3,20	57	37,03
10	Стены	0,279	16,36	57	260,17
	Окна	2,326	1,70	57	225,35
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	5,40	57	71,72
	Пол	0,203	0,00	57	0,00
11	Стены	0,279	5,88	57	93,51
	Окна	2,326	2,10	57	278,37
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	7,50	57	99,61
	Пол	0,203	0,00	57	0,00
12	Стены	0,279	3,90	57	62,02
	Окна	2,326	2,10	57	278,37
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	6,00	57	79,69
	Пол	0,203	0,00	57	0,00

Окончание таблицы 2

13	Стены	0,279	3,96	57	62,98
	Окна	2,326	2,10	57	278,37
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	6,35	57	84,39
	Пол	0,203	0,00	57	0,00
14	Стены	0,279	27,14	57	431,61
	Окна	2,326	6,25	57	828,49
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	26,22	57	348,16
	Пол	0,203	0,00	57	0,00
15	Стены	0,279	9,95	57	158,23
	Окна	2,326	6,25	57	828,49
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	25,50	57	338,67
	Пол	0,203	0,00	57	0,00
16	Стены	0,279	27,85	57	442,90
	Окна	2,326	1,70	57	225,35
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	9,07	57	120,49
	Пол	0,203	0,00	57	0,00
17	Стены	0,279	8,04	57	127,86
	Окна	2,326	0,00	57	0,00
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	10,13	57	134,47
	Пол	0,203	0,00	57	0,00
18	Стены	0,279	6,95	57	110,53
	Окна	2,326	2,50	57	331,40
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	11,83	57	157,11
	Пол	0,203	0,00	57	0,00
20	Стены	0,279	6,16	57	97,96
	Окна	2,326	1,70	57	225,35
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	4,60	57	61,09
	Пол	0,203	0,00	57	0,00
21	Стены	0,279	28,64	57	455,46
	Окна	2,326	6,25	57	828,49
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	27,58	57	366,34
	Пол	0,203	0,00	57	0,00
22	Стены	0,279	31,35	57	498,56
	Окна	2,326	3,00	57	397,67
	Двери	2,834	0,00	57	0,00
	Потолок	0,233	16,60	57	220,46
	Пол	0,203	0,00	57	0,00

2.8. Энергетический паспорт проектного здания

Таблица 3 - Общая информация

Описание проекта	Данные
Дата заполнения (число, месяц, год)	5.06.2022 г
Разработчик проекта	Питерцев Иван Николаевич
Назначение здания	Жилое здание
Этажность, количество секций	2 этажа
Количество помещений	22
Расчетное количество жителей	9

Таблица 4 – Расчётные условия

Наименование расчетного параметра	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1 Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	t_n	°C	-37
2 Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°C	-7,6
3 Продолжительность отопительного периода	$Z_{от}$	Сут/год	233
4 Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°C·сут/год	6224
5 Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	$t_{вн}$	°C	20
6 Расчетная температура чердака	$t_ч$	°C	-35
7 Расчетная температура грунта	t_r	°C	-3,7

Таблица 5 – Геометрические показатели

Наименование расчетного параметра	Обозначение и единица измерения	Фактическое значение
8 Сумма площадей этажей здания	$A_{от}, M^2$	524
9 Площадь жилых помещений	$A_{ж}, M^2$	212
10 Отапливаемый объем	$V_{от}, M^3$	1572
11 Показатель компактности здания	$K_{комп}$	0,6
12 Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	$A_n^{сум}, M^2$	997,45
стен (раздельно по типу конструкции)	$A_{ст}$	339,15
окон и балконных дверей	$A_{ок}$	67,35

Окончание таблицы 5

входных дверей и ворот (раздельно)	$A_{дв}$	19,95
чердачных перекрытий	$A_{черд}$	258
пола по грунту	$A_{цок}$	286

Таблица 6 – Теплотехнические показатели

Наименование расчетного параметра	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
13 Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе:	$R_0^{пр}$, м ² ·°C/Вт			
стен (раздельно по типу конструкции)	$R_{о,ст}^{пр}$	3,5	3,578	3,587
окон и балконных дверей	$R_{о,ок1}^{пр}$	0,73	0,6	0,65
входных дверей и ворот (раздельно)	$R_{о,дв}^{пр}$		0,35 и 0,15	0,35 и 0,15
чердачных перекрытий	$R_{о,черд}^{пр}$	4,6	4,7	4,92
стен в земле и пола по грунту (раздельно)	$R_{о,цок3}^{пр}$	4,6	4,7	4,931

Таблица 7 – Вспомогательные показатели

Наименование расчетного параметра	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
14 Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_{общ}$, Вт/(м ² ·°C)		1,1
15 Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	n_v , ч ⁻¹	0,68	0,68
16 Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{быт}$, Вт/м ²		17
17 Тарифная цена тепловой энергии для проектируемого здания	$C_{тепл}$, руб/кВт·ч		

Таблица 8 – Удельные характеристики

Наименование расчетного параметра	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
18 Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	0,2862	0,28
19 Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$		1,25
20 Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{быт}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$		0,21
21 Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$		1,775

Таблица 9 – Комплексные показатели расхода тепловой энергии

Наименование расчетного параметра	Обозначение показателя и единицы измерения	Значение показателя
22 Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^p, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	0,19
23 Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^{тр}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	0,3015
24 Класс энергосбережения		B+
25 Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите		Соответствует

Таблица 10 – Энергетические нагрузки здания

Наименование расчетного параметра	Обозначение	Единица измерений	Значение показателя
26 Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	q	$\text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$ $\text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	28,3 84,86
27 Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$Q_{от}^{год}$	$\text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{год})$	234819
28 Общие тепlopотери здания за отопительный период	$Q_{общ}^{год}$	$\text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{год})$	359273
29. Расход тепла на ГВС	Q_T^h	$\text{кВт} \cdot \text{ч}$	3,1455

3. Подбор отопительного оборудования

Котёл – это основное оборудование, которое обеспечивает жильцам независимость от централизованного отопления. На рынке есть огромный

выбор отопительной техники, которая поставляется из зарубежных стран и производится непосредственно в нашей стране.

Есть разные типы котлов для отопления частного дома. Их различие заключается в типе сжигаемого топлива:

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

3.1. Газовый котёл

Газовые котлы работают на природном газе. Они очень хорошо зарекомендовали себя на рынке. Их целесообразно использовать в районах где проходят газовые магистрали.

Существует несколько типов газовых котлов, различающихся конструктивно. Сразу можно выделить две группы котлов, сильно отличающихся друг от друга: настенные и напольные газовые котлы.

Настенные котлы довольно компактны и имеют низкую стоимость. В основном их используют в небольших домах площадью до 150 м². Их удобно ремонтировать, т.к. все основные компоненты находятся с лицевой части котла. Дымоудаление может происходить при естественной тяге, и при работе встроенного вентилятора. Так же они могут быть как одноконтурными, так и двухконтурными. Если котел имеет один контур, то в большинстве случаев работает только на отопление. Если два, то он помимо отопления покрывает нагрузку на ГВС.

Напольные котлы, как и настенные, тоже могут быть двухконтурными, либо одноконтурными. Имеют такую же систему дымоудаления. Они могут быть более мощными чем настенные, соответственно отапливать больший объём здания.

В напольных котлах стоит чугунный теплообменник, который не боится коррозии и является более прочным по сравнению со стальными или медными теплообменниками, которые используются в настенных котлах. Но он уступает настенному, который имеет более совершенную автоматику.

Так же стоит отметить, что напольный котёл может работать с любым теплоносителем. А настенные приборы не могут работать на антифризе. Причина кроется в вязкости и текучести вещества, а также в его негативном

влиянии на состояние стальных или медных теплообменников, которые как раз используются в навесных моделях.

Подводя итог, я хочу отметить главные достоинства газового котла:

- компактность;
- не требует чистки;
- имеет высокий КПД;
- использует экологически безопасный вид топлива в отличие от котлов, которые работают на твёрдом топливе;
- не требуют склада топлива, если газ поставляется непосредственно из магистрали;
- довольно просты и удобны в эксплуатации.

Несмотря на то, что газовый котёл имеет множество достоинств, он так же имеет не маловажные недостатки:

- газ является опасным видом топлива. Поэтому он требует периодического осмотра специалистом и правильного использования;
- газ имеет более высокую цену по сравнению с твердым топливом;
- необходимо подключение к газовой магистрали. Если же её нет в населённом пункте, то придётся покупать газгольдер. Это существенно повысит расходы на топливо.

3.2. Электрический котёл

При отоплении дома электрическим котлом мы можем обойтись без использования топлива. В следствии этого нам не нужен склад топлива, либо иметь газгольдер если наш район не газифицирован. Так как мы отапливаемся за счёт электроэнергии.

Благодаря развитой автоматике, в наше время, мы можем легко устанавливать режим работы электрического котла. Мы можем регулировать систему отопления, не тратив зря электроэнергию, путём приобретения двухтарифного счётчика учёта электроэнергии. Обычно, когда спрос на электроэнергию падает, это происходит в основном в ночное время, тариф на электроэнергию становится меньше. Благодаря этому мы можем сэкономить затраты на электроэнергию.

Электрические котлы очень удобны тем, что при их монтаже не нужно устанавливать дымоход для отвода дымовых газов. Такие котлы бесшумны и не сжигают кислород, находящийся в помещении.

Основным недостатком электрических котлов являются высокие цены на электричество и возможность поражения электрическим током.

В системе отопления частных домов применяются следующие типы электрических котлов:

- Тэновый – для нагрева теплоносителя применяется трубчатый электрический нагреватель. Такие котлы недорогие и не слишком требовательные к качеству жидкости. Основным недостатком этих отопительных приборов, является образование накипи на нагревательном элементе, который по причине чрезмерного нагрева может выйти из строя;
- Индукционные – наиболее экономичные по потреблению электричества, но стоят они гораздо;
- Электродный – безопасный в эксплуатации, но он требует высокое качество очистки.

Минусами системы отопления электрическим котлом являются:

- Основным недостатком использования электрического котла является полная его зависимость от электричества. В основном отключение электричества происходит каких-то аварий, или стихийных бедствий. А так как в зимнее время года прерывать отопление не допустимо, то это может стать большой проблемой. Поэтому в таких случаях рекомендуется использовать комбинированные котлы. Чтобы по мимо работы на электричестве они могли работать на газе, твёрдом топливе, либо жидком;

- Так как такой прибор потребляет значительное количество электроэнергии, его желательно обеспечить резервным электроснабжением. Такая проблема решается подключением мощного электрогенератора, но он потребляет большое количество жидкого топлива и стоит не малых денег;

- Мощная отопительная установка питается от трёхфазной электрической сети. Поэтому если населённом пункте не будет возможности подключиться к сети напряжением 380 В, то такая система отопления окажется недоступной;

- Высокая стоимость электричества.

3.3. Твёрдотопливный котёл

Твёрдотопливные котлы для отопления частного дома бывают различных типов. Перед их покупкой стоит разобраться каких типов они бывают, какое топливо используют.

К основным видам топлива, используемым в твердотопливном оборудовании относят:

- дрова;
- бурый уголь;
- антрацит;
- торф;
- кокс;
- топливные брикеты.

При сжигании низкокалорийного топлива мощность котла может падать. Так же на мощность котла влияет влажность топлива, которая понижает её если в топливе присутствует сильно много влаги.

Обычно производитель котла указывает какое топливо должно использоваться в качестве основного и резервного. От этих рекомендаций и зависит длительный срок службы котла.

Поэтому при выборе твердотопливного агрегата необходимо заранее знать какое топливо будет использоваться. Нужно заранее сравнить цены на топливо, узнать о его поставке в населённый пункт, определить место для хранения топлива.

По функциональным особенностям такие приборы разделяются на два типа:

- Двухконтурные. Они покрывают на нагрузку и на отопление, и на ГВС. К одному контуру подключается система отопления, а к другому ГВС;
- Одноконтурные. Такие котлы работают только на покрытие отопительной нагрузки.

По использованию в котлах твёрдого топлива, они подразделяются на несколько видов, так как предназначены для использования разных типов топлива. Их разделяю на:

- Традиционные;
- Пеллетные;
- Котлы длительного горения;
- Пиролизные.

Рассмотрим каждый из них отдельно.

3.3.1. Классические котлы

Это старые традиционные котлы, которые в народе получили название «печи». Они выполнены в виде печи, в которой имеется топочная камера, дымоход и отсек для удаления золы. Они рассчитаны на отопление небольшого дома. В нем нет теплоносителя, так как отопление помещения происходит путём отдачи тепла непосредственно самой печью. В результате этого печи обычно находятся в центре дома, чтобы тепло излучаемое ей доходило до всех помещений. В качестве топлива в таких устройствах можно использовать уголь, дрова или пеллеты.

В зависимости от материала, из которого изготовлен такой теплообменник, они бывают:

- чугунные;
- стальные.

Среди положительных качеств такого котла можно отметить его простоту использования и дешевизну. Вы закладываете в него топливо, и ждёте пока оно прогорит. Так же в нём имеется механическое устройство для регулирования температуры в доме.

Минусом таких печей является полное отсутствие автоматики, нерациональное сжигание топлива.

Такие котлы отличаются своей универсальностью, надёжностью, долговечностью и доступной ценой. В них отсутствует автоматика, замена которой в случае поломки стоит не дёшево.

3.3.2. Пеллетные котлы

Такие котлы оснащены автоматикой, которая подаёт топливо в топочную камеру. В качестве топлива используются пеллеты, изготовленные из древесных отходов. Они имеют не большую цену, и не смотря на свою небольшую стоимость выдают большое количество энергии.

Из преимуществ пеллетного котла выделяют:

- КПД, который может достигать до 85;
- Наличие автоматики;
- Наличие автоматической подачи сырья.

3.3.3. Котлы длительного горения

Такие котлы являются более современными и технически оснащёнными чем классические котлы. Они имеют усовершенствованную форму топки, принудительную подачу воздуха, автоматическую систему регулирования,

которая позволяет добиться оптимального режима отопления здания. Они имеют длительный процесс сгорания одной закладки топлива благодаря автоматической его подаче, тем самым топлива расходуется намного экономичней.

Достоинствами такой системы можно отметить:

- Экономичный расход топлива;
- Благодаря регулированию процесса горения увеличивается продолжительность горения топлива, следовательно, и обогрева помещения;
- Простое обслуживание.

3.3.4. Пиролизные котлы

В таких котлах сгорание топлива происходит в несколько этапов.

Во время первого этапа происходит удаление влаги из топлива.

Во втором процессе происходит дегазация и сгорание топлива. В этой стадии 85% процентов топлива переходят в газообразное состояние, а остальные древесный уголь, если мы сжигаем дрова.

Во время третьей фазы горючие газы окисляются и воспламеняются, когда температура в топке достигает 600 градусов. Далее при достижении температуры в 900 - 1000 градусов газы, поступившие во вторую камеру при постоянной температуре, дожигают оставшийся древесный уголь.

Вентилятор в такой установке предназначен для управления процесса горения. КПД такого котла достигает 90%.

Теплообменник в таких котлах, может быть, как стальным, так и чугунным. У каждого имеются свои преимущества и недостатки.

Например, из чугуна обычно изготавливают секционный теплообменник. Он удобен в ремонте, так как каждую секцию можно заменить, если она выйдет из строя. Такой котёл удобен в ремонте, монтаже и обслуживании. Чистить такие приборы можно реже, так как в процессе эксплуатации чугун покрывается в основном сухой ржавчиной, а влажной коррозии он подвергается намного медленнее, чем сталь. У них выше показатель тепловой инерционности, то есть они дольше греются, но вместе с тем и значительно медленнее остывают. Основным и достаточно серьёзным недостатком является его неустойчивость к резким сменам температур. Если в горячий, не успевший остыть теплообменник из чугуна попадёт холодная жидкость, такой термический удар может вызвать появление трещин и ваш котел попросту лопнет.

Стальной теплообменник обычно изготавливают цельным. Он не разбирается. Сталь не страшна температурные перепады, потому он без труда

выдерживает даже подпитку холодной водой в обратную линию. Благодаря такой стойкости к термическим ударам в оборудовании со стальными теплообменниками широко используется автоматика. Несмотря на то, что температурные перепады переносятся хорошо, злоупотреблять ими всё-таки не стоит. Ведь если они большие и происходят достаточно часто, то могут появиться в местах, ослабленных сваркой трещины. При повреждениях, проедающей стенки ржавчине, большом отложении солей, прогорании весь аппарат приходит в негодность, так как заварить его скорее всего не получится и тут нет секций, которые можно легко заменить. Что касается самой работы, такие твердотопливные котлы быстрее нагреваются, но и остывают тоже за меньшее количество времени.

3.4. Жидкотопливные котлы

Жидкотопливный котел — это агрегат, который для нагрева теплоносителя использует жидкое топливо: мазут, печное топливо или солярка. Такие жидкотопливные котлы применяются для отопления жилых домов в районах, где отсутствует магистральное газоснабжение.

Современные котлы на жидком топливе имеют высокий КПД в 85 – 95%, оснащены современной автоматикой и имеют высокую степень безопасности.

Так же жидкотопливные котлы могут работать на нескольких видах топлива, если это предусмотрено производителем. Для этого необходимо заменить форсунку котла, работающего на жидком топливе, на газовую. Это огромное преимущество, так как при временном прекращении поставке теплоносителя можно легко использовать другой.

Из преимуществ жидкотопливных котлов стоит отметить:

- Установка котла не требует согласование с государственными надзорными органами;
- Полная комплектация источника нагрева, позволяющая выполнить быстрый монтаж и управление без присутствия оперативного персонала;
- Можно использовать в любой отопительной системе с большими объемами нагрева;
- Могут работать с любым теплоносителем: вода и антифриз.

Несмотря на большие преимущества данный тип котлов, как и все теплоэнергетическое оборудование, обладает определенными недостатками:

- Высокая стоимость оборудования и монтажа;
- Необходимость обустройства топливного хозяйства с емкостью для хранения топлива, насосами и фильтрами очистки;

- Необходимость обустройства отдельной топочной.

3.4.1 Устройство и принцип работы

По принципам действия работа жидтоопливных котлов очень похожа с газовыми агрегатами. Основную функцию осуществляет газомазутная горелка с вентилятором. Конструкция форсунки должна обеспечить тонкий распыл топлива, по форме напоминающий конус от 45 до 80 градусов.

Топливная смесь горит в вытянутом факеле. Образовавшиеся в процессе горения дымовые газы, с высокой температурой омывают отопительный котловой теплообменник, внутри которого циркулирует теплоноситель, нагревая его по температурному графику 95 -70 С. Если конструкция агрегата имеет два контура, то уходящие газы направляются в межтрубное пространство теплообменника ГВС, нагревая горячую воду до 55 С.

Для повышения эффективности устройств большой мощности иногда в хвостовых поверхностях нагрева устанавливают экономайзер, для подогрева питательной воды в котловом контуре и воздухоподогреватели для нагрева первичного воздуха перед подачей его на форсунку.

В результате удается снизить температуру уходящих газов с 350 С до 150 С и даже ниже, в котлах конденсационного типа, а КПД котлов поднять с 85% до 94%.

Теплообменные аппараты в жидкотопливном котле предназначены для нагрева теплоносителя контуров отопления и ГВС. Горячие дымовые газы омывают внешние поверхности нагрева теплообменников, после чего тепло через стенки передается воде, циркулирующей во внутренних поверхностях нагрева.

Стенки теплообменника могут быть выполнены из котловой стали, чугуна или меди. Наиболее надежные и долговечные конструкции — чугунные, они имеют срок эксплуатации более 20 лет.

Стальные конструкции, работают не выше 10 лет. Для того чтобы передача тепла к воде была наиболее максимальной, поверхности теплообменника выполняют сложной ребристой конфигурацией радиаторного типа, двух и трехступенчатые по ходу движению среды, а монтаж водяных радиаторов отопления выполняют через гидроразделитель.

Автоматика для жидкотопливных котлов выполняется многофункциональной, она используется для регулирования процессов теплоснабжения и защиты теплоэнергетического комплекса от аварийных ситуаций.

По сравнению с газовым котлоагрегатом, она имеет более развитую структуру управления, поскольку для эффективной эксплуатации нужно

согласовать работу сложного топливного хозяйства: нагрев и подачу жидкого топлива на горелки, очистка его от взвешенных веществ и мусора и рециркуляцию от агрегата обратно в емкость, при остановке процесса горения.

Работа базируется на нескольких первичных датчиках, которые подают сигнал на исполнительные механизмы, регулирующие подачу воды, воздуха и топлива в соответствии с режимными картами и температурой наружного воздуха.

3.5. Универсальные котлы

Основным критерием выбора котла отопления всегда был вид используемого топлива. Однако окончательно определиться с топливом возможно не всегда: часто обогрев дома дровами гораздо дешевле, чем газом; в угледобывающих районах стоимость угля обычно минимальна, но иногда хочется большей автономности системы отопления; возможно, в населенном пункте только планируется прокладка газовой магистрали; либо имеется многотарифный счетчик, позволяющий учитывать потребление электроэнергии по минимальному ночному тарифу.

В любом из этих случаев выгодным и эффективным решением будет комбинированный двухтопливный или даже многотопливный котел. Поэтому нужно рассмотреть этот вид котлов поподробней

Котлы смешанного типа – это исключительно напольные, практически всегда одноконтурные котлоагрегаты, по габаритам лишь немного превышающие стандартные газовые или твердотопливные котлы. Их суть заключается в том, что для смены используемого топлива необходимо всего лишь заменить съемную горелку либо вообще не производить никаких действий с конструкцией. Например, в газовой-дровяных котлах используется конструкция и принцип работы классического твердотопливного котла: в стандартной топочной камере сжигаются дрова, нагревая теплоноситель в контуре отопления. Но как только появляется необходимость перейти на отопление газом, достаточно установить в отверстия передней дверцы газовую горелку.

Еще проще дела обстоят с котлами, позволяющими в качестве дополнительного вида топлива использовать электроэнергию. В их конструкции предусмотрено гнездо для ТЭНа, нагревающего теплоноситель в теплообменнике. Включать ТЭНы можно как параллельно со сжиганием основного вида топлива, так и отдельно. Например, на ночь.

Важно понимать, что стоимость универсальных моделей больше, чем стоимость похожих по характеристикам двух отдельных котлов. В то же время, эффективность сжигания любого из видов топлива в комбинированном котле практически всегда ниже.

Преимуществами универсальных котлов являются:

- Независимость от одного энергоносителя и возможность комбинировать виды топлива в целях экономии;

- Существенная экономия пространства, что особенно важно для небольших частных домов и дач площадью до 100 м². Комбинированный отопительный котел по габаритам и обвязке практически не отличается от однотопливного;

- В некоторых моделях реализована возможность автоматического переключения с одного вида топлива на другой в случае перебоев;

- Наличие не только одноконтурных, но и двухконтурных моделей.

Недостатки:

- Высокая стоимость универсальных котлов;

- КПД комбинированных моделей (в виду компромиссов в пользу универсальности) практически всегда ниже;

- Отсутствие настенных котлов и в целом небольшой выбор моделей.

3.6. Выбор котла для отопления

Чтобы выбрать подходящий тип котлоагрегата, нужно выбрать подходящий вид топлива, который будет выгодней всего использовать в месте расположения дома. Нужно сразу определить какой уровень безопасности, надёжности и комфортности нужно получить от котла. Рассчитать мощность отопительного прибора, чтобы покрыть все нагрузки в здании. А также учесть количество денежных средств, которые планируется вложить в покупку котла.

Посмотрев множество моделей и типов котлов для отопления, я решил, что в моей системе отопления я буду использовать твёрдотопливный автоматические котёл Vulkan Optimum Uni 55. Он производится на территории Российской Федерации. Я считаю верным решением использовать котёл отечественного производства в связи со сложившейся ситуацией в нашей стране. Этот котёл не сильно отличается от зарубежных. Его цена намного дешевле зарубежных.

Vulkan Optimum Uni 55 – стальной автоматический котёл. Систему автоматики мы можем установить как польского производства, так и отечественного. Это очень важно, т.к. если будет невозможным получить польские запчасти для автоматики, то мы всегда можем перейти на отечественные.



Рисунок 6 – Автоматический котёл Vulkan Optimum Uni 55

Благодаря автоматической шнековой подачи угля мы можем не волноваться о возможном перетопе здания, слишком большом расходе топлива. Это увеличивает время до загрузки следующей партии топлива, а также более экономично его расходует.

Благодаря автоматике, можем контролировать весь процесс и задавать необходимые нагрузки с помощью телефонного приложения. Это очень удобно.

Основным топливом это котла является измельченный уголь, эко-горошек, орешек, уголь фракционный.

А в качестве резервного топлива мы можем использовать уголь 5-50 мм, дрова, паллеты 5-50мм, брикеты. Это не мало важный фактор. Так как при отключении электричества на неопределённое время мы можем воспользоваться системой ручного отопления дровами.

Далее я хочу предоставить основные характеристики и преимущества этого котла.

Основные характеристики:

Страна производитель: Россия;

Тип: Автоматический;

Мощность: 55 кВт;

Основное топливо: Измельченный уголь, Эко-горошек, Орешек, Уголь фракционный;

Резервное топливо: Уголь, Дрова, Пеллеты, Брикеты;

КПД: 90 %;

Давление: 2.5 бар;

Напряжение: 220 В;

Температура продуктов сгорания: 200 °С;

Диаметр дымохода: 220 мм;

Вместимость теплообменника: 146 л;

Ёмкость бункера: 400 л;

Потребляемая мощность: 400 Вт;

Температура теплоносителя: 85 °;

Вес: 519 кг;

Габариты: 1315x1440x930 мм.

А также преимущества котла:

- Наиболее выгодная стоимость по сравнению с аналогами;
- Большой зольный ящик;
- Компактные габариты и современный дизайн;
- Простота в эксплуатации и обслуживании;
- Возможна установка бункера увеличенного объема;
- Расположение дымохода может быть как вертикальное, так и горизонтальное.

3.7. Выбор электробойлера

Нагрузка на ГВС по расчётам составила 3,1455 кВт. А средний часовой расход равен 45 литров.

Для покрытия нагрузки на ГВС и более комфортного пользования в пиковое время, было принято решение выбрать электробойлер объёмом 200 литров Thermex ER 200V.



Рисунок 7 – Электробойлер Thermex ER 200V

Характеристики электробойлера:

- Страна производитель Россия;
- Мощность 3 кВт;
- Максимальная температура нагрева равна 75 градусов;
- Объем равен 200 литров;
- Напряжение сети 220 Вт;
- Механическое внутреннее покрытие;
- Управление механическое;
- Напольная установка;
- Трубчатый нагревательный элемент;
- Вес 60 кг;
- Размеры 581*1095*659;
- Гарантия 3 года.

4. Гидравлика

Для начала я хочу провести обзор отопительных приборов, видов труб и запорной арматуры, которые есть на сегодняшний день. Привести их особенности и недостатки. А в конце сделать обоснованный выбор оборудования, которое я хочу использовать в отоплении.

4.1 Отопительные приборы

В своей работе я решил отапливать здание с помощью радиаторов. Этот прибор популярен и по сей день

Радиатор – это теплообменный аппарат для отопления. 70 % тепло он отдаёт конвекцией, а остальные 30 % в виде излучения.

Радиаторы отопления изготавливаются из разных материалов, соответственно их существует несколько видов. Каждый из них имеет свои плюсы и минусы. Рассмотрим их подробнее.

4.1.1. Радиаторы чугунные

Чугунные радиаторы - наиболее популярный вид радиаторов, который был распространён в советское время. В наше время этот вид радиаторов постепенно уходит из нашей жизни. Его заменяют более компактные и экономные радиаторы. В новых домах такой тип радиаторов уже не устанавливается.

Как известно чугун обладает высокой теплопроводностью, этим он очень хорош при использовании его в отоплении. Так же он способен выдерживать перепады давлений и устойчив к агрессивным параметрам теплоносителя, в следствии этого он медленней подвергается коррозии.

Чугунные радиаторы имеют длительный срок эксплуатации. А на практике способны работать на протяжении нескольких десятков лет. Его можно легко отремонтировать в случае засора. А так же они легко монтируются.

Недостатками таких радиаторов являются:

- Большой вес;
- Устаревший дизайн.

4.1.2. Стальные радиаторы

Стальные радиаторы имеют хорошую тепловую инерцию, высокую надёжность и теплоотдачу. Они быстро нагреваются, начиная отдавать тепло, но и быстро остывают.

Такие радиаторы подвержены коррозии. Она происходит из-за слива системы или высоким содержанием теплоносителя в теплоносителе.

4.1.3. Алюминиевые радиаторы

Алюминиевые радиаторы обладают высокой теплопроводностью и большими требованиями к теплоносителю. Они очень лёгкие и обладают хорошим дизайном.

Так же такие радиаторы не выдерживают сильных перепадов давления, и подвержены коррозии.

4.1.4. Биметаллические радиаторы

Эти радиаторы похожи на алюминиевые. Они состоят из металла покрытым слоем алюминия. Что повышает их теплопроводность и прочность.

4.2. Типы труб по материалу изготовления

Раньше для отопления и ГВС использовали только стальные трубы, но на сегодняшний день рынок предлагает нам большой выбор труб из разных материалов, и с разными характеристиками. Поэтому мы подробно рассмотрим каждый вид труб.

Трубы по материалу изготовления подразделяются на:

- Металлические - это сталь, нержавеющая сталь и медь;
- Полимерные - РЕХ (сшитый полиэтилен) и РР (полипропилен);
- Металлопластиковые (комбинированные).

Чтобы выбрать наиболее подходящие трубы для нашей системы отопления, мы рассмотрим характеристики труб и их основные особенности.

4.2.1. Стальные трубы

Несмотря на большое количество труб изготовленных из более современных материалов, многие отдают предпочтение стальным трубам для отопления свое дома. Этот выбор обусловлен хорошими эксплуатационными характеристиками материала и проверенным со временем долгим сроком службы таких труб при правильном их монтаже.

Трубы из стали разделяется на несколько подгрупп в зависимости от их состава. Они отличаются эксплуатационными характеристиками, способами монтажа, предельной температурой теплоносителя при которой возможна их работа. Это всё необходимо знать при выборе труб.

- Обычные стальные трубы из черной стали;
- Оцинкованные трубы;
- Изделия из нержавеющей стали;

4.2.1.1. Стальные трубы

Стальные трубы больше всех подвергаются коррозии. Они устойчивы к механическим нагрузкам и имеют высокую теплопроводность. Так же они имеют длительный срок эксплуатации, и при правильном обслуживании могут служить много лет.

Преимущества стальных труб:

- Благодаря высокой прочности такие трубы выдерживают перепады давлений в системе отопления;
- Благодаря высокому коэффициенту теплопроводности они частично отапливают помещение;
- Стальные трубы имеют небольшое тепловое расширение;
- Имеют доступную цену для приобретения.

Из основных минусов стальных труб можно выделить:

- Подверженность к коррозии;
- Большой вес.

4.2.1.2. Оцинкованные стальные трубы

Оцинкованные трубы производят из стали и покрывают их защитным покрытием, которое замедляет процесс коррозии. Благодаря цинковому покрытию срок эксплуатации таких труб значительно возрастает.

Соединение оцинкованных труб производится с помощью сварки или резьбой. Так же рекомендуется применять оцинкованные соединительные элементы.

Оцинкованные стальные трубы можно установить: как в контур внутри здания, так и в контур подключённый к центральной системе. Так как при качественном монтаже такие трубы способны выдержать высокие температуры и перепады давления.

К основным недостаткам данных труб можно отнести следующие пункты:

- Во время монтажных работ, сварка разрушает слой оцинковки, что повышает вероятность вызвать коррозию в соединительных местах.
- Стоимость оцинкованных труб выше стоимости стальных или полимерных.

4.2.1.3. Трубы из нержавеющей стали

Трубы из нержавеющей стали имеют очень долгий срок эксплуатации. Их можно соединять с помощью сварки, или с помощью резьбового соединения.

Как и в рассмотренных вариантах стальных труб, в нержавеющей трубах слабым звеном является место шва при некачественном его нанесении. Бесшовный вариант будет надёжней и долговечней, но и цена на него соответственно будет выше.

К достоинствам изделий из этого материала можно отнести следующие качества:

- Полностью исключен риск коррозии.

- За счёт добавления легирующих добавок, сталь обладает высокой стойкостью к перепадам давления.

Минусом этих труб является их высокая стоимость на рынке. 3-за этого их очень редко используют в отопительных системах.

4.2.2. Медные трубы для системы отопления

Существует два типа медных труб, которые используются в системе отопления - отожженные и не отожжённые.

Не отожженные медные трубы имеют высокую прочность и способны выдерживать давление до 4 атмосфер.

Прочность отожженных труб ниже, они могут выдерживать давление до 2 атмосфер, что в системе отопления достаточно. Они более эластичны и устойчивы к резким перепадам температур.

Из положительных качеств медных труб можно выделить:

- Имеют не большой вес и высокую плотность;
- Высокий коэффициент теплопроводности;
- Способны выдерживать высокие температуры;
- Пластичность таких труб позволяет легко выполнять изгибы, резку или шлифовку;
- Имеют высокий коэффициент теплового расширения.

Но как правило помимо положительных качеств, существуют и минусы:

- Медь не совместима с алюминием. В результате их контакта начинается электрохимическая реакция, которая образует в трубах газ. Это может привести к свищу. Поэтому в комбинации с медью используют латунь;

- Медь хорошо проводит электрический ток, поэтому контур необходимо заземлять;

- Медь очень мягкий металл, поэтому нужно исключать возможность механических воздействий;

- Трубы из такого материала будут достаточно дорогими.

4.2.3. Полипропиленовые трубы

В последнее время популярность в системе отопления набирают полипропиленовые трубы. Они обладают большим спектром достоинств. Как и все остальные имеют свои недостатки.

При выборе таких труб нужно определить для себя критерии, на которые вы будете ориентироваться:

- Трубы должны выдерживать температуру не менее 90-95 градусов;
- Трубы должны выдерживать скачки давления. Это очень важно если вы отапливаетесь от центрального теплоснабжения;
- Трубы должны иметь минимальный параметр теплового расширения.

Существует три вида полипропиленовых труб:

- PP-H – эти трубы состоят только из полипропилена. Они не устойчивы к высоким температурам, поэтому подходят для систем водоснабжения;
- PP-B - трубы этого типа могут быть применены в системах теплоснабжения, в которых температура теплоносителя не превышает 50 градусов;
- PPRC - эти трубы состоят из нескольких слоев, средний из которых является армирующим. Трубы рассчитаны на эксплуатации отопительной системы, теплоноситель в которой может быть нагрет до температуры, превышающей 50 градусов.

Армирование может выполняться алюминием или стекловолокном. Армирующий слой значительно снижает тепловое расширение материала. Но все равно на длинных участках приходится предусматривать компенсационные петли, чтобы избежать провисания при сильном нагреве.

К достоинствам армированных полипропиленовых труб, относят следующие качества:

- При промерзании и оттаивании трубы не разрушаются и сохраняют свою герметичность;
- Они не могут быть подвержены коррозии;
- Армированные трубы не вступают в реакцию с веществами, которые могут попасть в теплоноситель;
- Высокая стойкость к механическим воздействиям;
- Простой и быстрый монтаж;
- Небольшой вес труб;

- Современный эстетичный вид;
- Не нужно заземлять, т.к. не проводят электричество;
- Небольшая цена.

Помимо плюсов у полипропиленовых труб есть и минусы:

- Трубы не имеющие армирования не устойчивы к высоким температурам;
- Такие трубы не подлежат ремонту.

4.2.4 Трубы из сшитого полиэтилена

Это еще один популярный вид труб на сегодняшнее время. Он подходит к обустройству системы отопления, ГВС и ХВС

Трубы из сшитого полиэтилена обладают большим набором преимуществ, к которым можно отнести следующие качества материала:

- Эластичность и герметичность соединений, а также простота монтажа;
- Лёгкий вес;
- Устойчивость к низким и высоким температурам. Материал выдерживает замораживание и размораживание без потери первоначальных качеств.
- Сшитый полиэтилен не подвержен коррозии;
- Большой срок эксплуатации;
- Полимер электробезопасен;
- Имеют высокую шумоизоляцию;
- При нагреве способны восстанавливать первоначальную форму.

К недостаткам сшитого полиэтилена относят их высокую стоимость при покупке.

4.3. Выбор оборудования

4.3.1 Итоги гидравлического расчёта

Расчёты гидравлической системы были произведены в программе Danfoss C.O. 4.1basic. Программа Danfoss C.O. производит гидравлический расчет (расчет сопротивления системы), осуществляет подбор отопительных приборов и диаметров запорно-регулирующей арматуры, определяет настройки балансировочных клапанов, клапанов терморегуляторов на подводках к отопительным приборам, составляет подробную спецификацию оборудования.

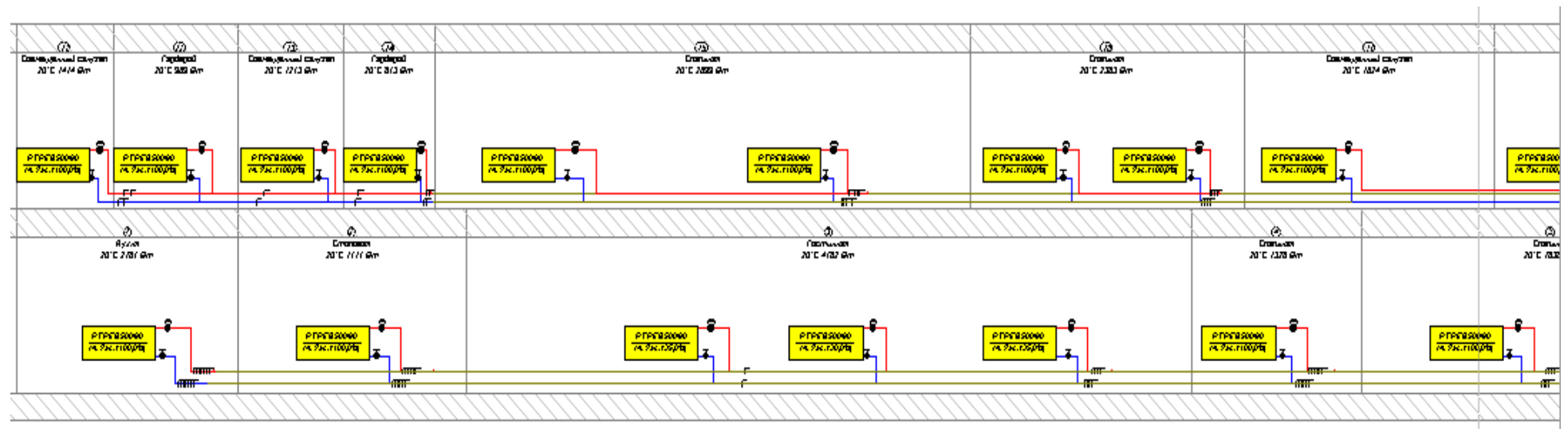


Рисунок 8 – Система отопления в развернутой плоскости

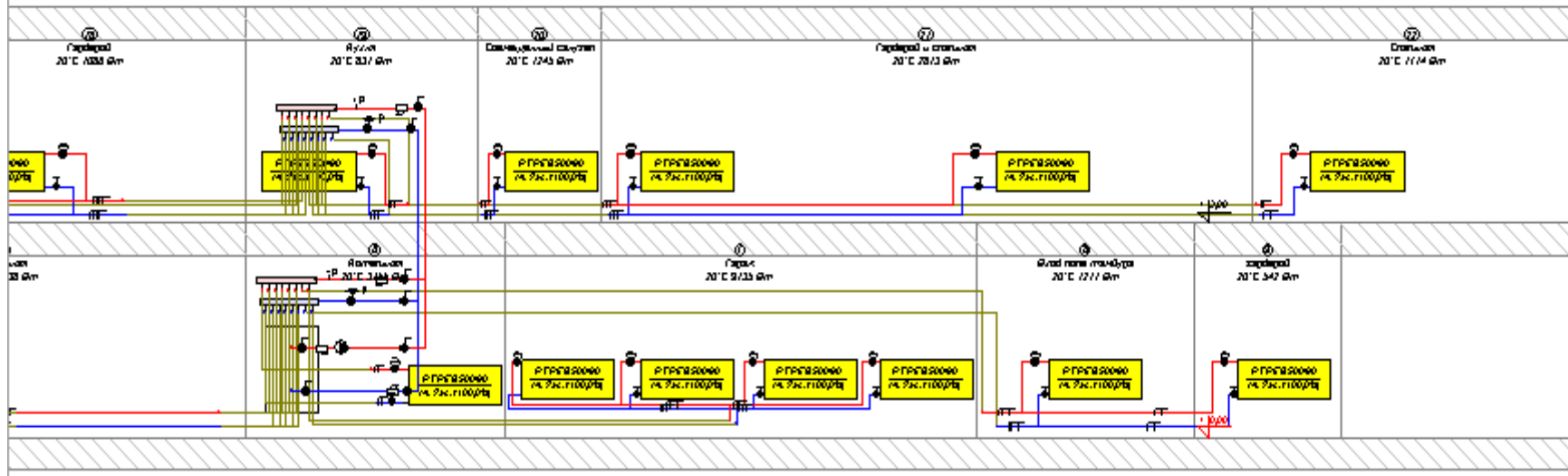


Рисунок 9 - Система отопления в развернутой плоскости

В этой программе была построена система отопления в развёрнутой плоскости, и было расставлено необходимое оборудование чтобы программа проверила работоспособность системы и посчитала все необходимые значения. Аналогично я построил всю систему отопления на плане, чтобы получить аксонометрическую и периметральную схему теплоснабжения здания.

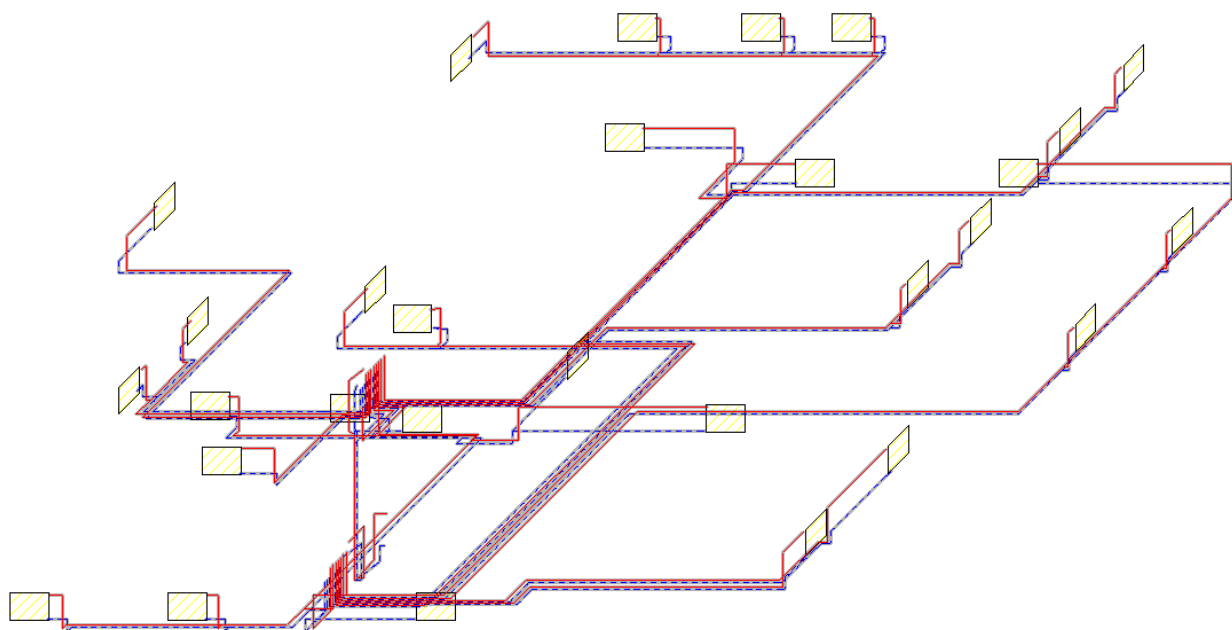


Рисунок 10 – Аксонометрическая схема

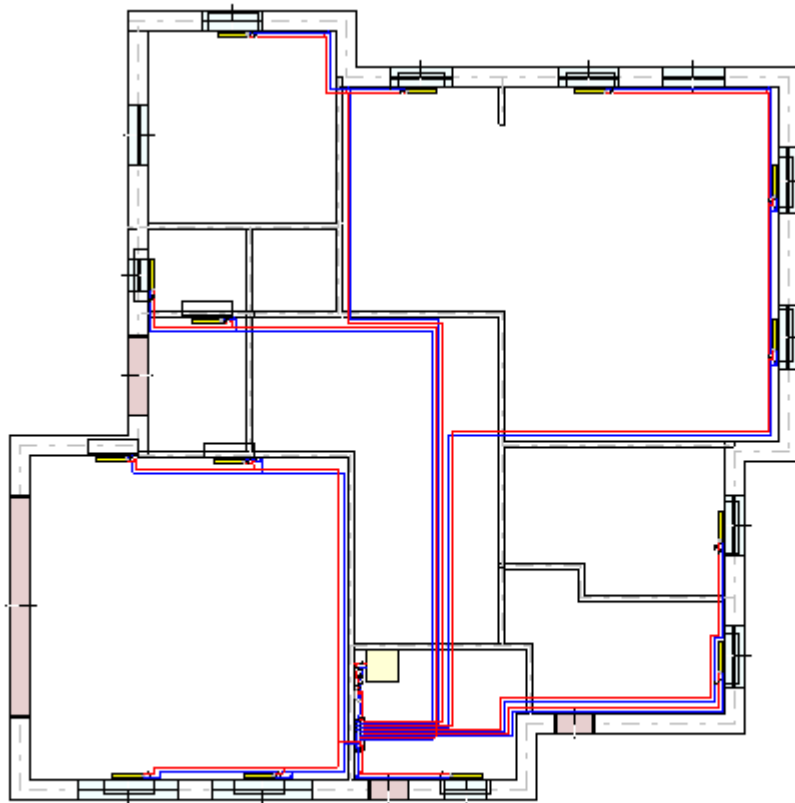


Рисунок 11 – Периметральная схема первого этажа

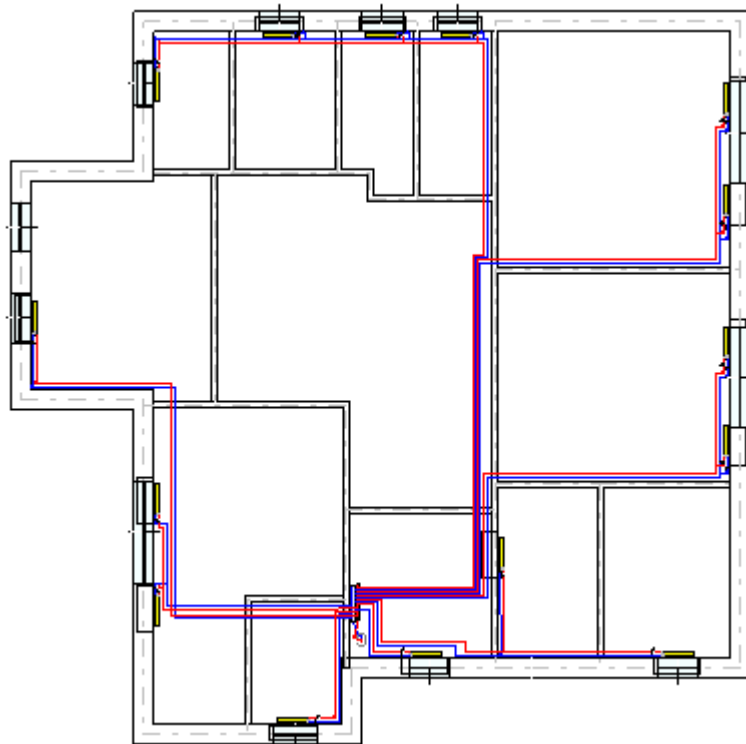


Рисунок 12 – Периметральная схема второго этажа

Данные после расчёта всей системы приведены в таблице 11.

Таблица 11 – тоги гидравлического расчёта

Наименование помещения	№ помещения	№ участка	Наименование характеристик					
			L, м	d, мм	M, кг/с	Q, м ³ /ч	w, м/с	ΔP, Па
Кухня	1	1	0,40	20x2,8	0,026	0,096	0,164	165
		2	0,45	20x2,8	0,026	0,096	0,164	19
		3	25,35	20x2,8	0,026	0,096	0,164	990
		4	0,70	20x2,8	0,026	0,097	0,165	13557
		5	0,70	20x2,8	0,026	0,097	0,165	27
		6	25,45	20x2,8	0,026	0,097	0,166	955
Столовая	2	1	0,40	20x2,8	0,020	0,075	0,129	102
		2	0,45	20x2,8	0,020	0,075	0,129	12
		3	23,45	20x2,8	0,020	0,075	0,128	596
		4	0,60	20x2,8	0,020	0,076	0,130	14430
		5	0,70	20x2,8	0,020	0,076	0,130	17
		6	23,55	20x2,8	0,020	0,076	0,130	572
Зал	3	1	0,30	20x2,8	0,020	0,073	0,125	95
		2	0,45	20x2,8	0,020	0,073	0,125	12
		3	6,75	20x2,8	0,020	0,073	0,125	156
		4	0,25	20x2,8	0,017	0,063	0,107	69
		5	0,45	20x2,8	0,017	0,063	0,107	13
		6	3,85	20x2,8	0,037	0,136	0,232	252
		7	0,40	20x2,8	0,020	0,074	0,125	97
		8	0,45	20x2,8	0,020	0,074	0,125	17
		9	20,70	20x2,8	0,057	0,210	0,358	3173
		10	0,60	20x2,8	0,020	0,074	0,126	8552
		11	0,70	20x2,8	0,020	0,074	0,127	16
		12	6,75	20x2,8	0,020	0,074	0,127	149
		13	0,45	20x2,8	0,017	0,064	0,109	8887
		14	0,70	20x2,8	0,017	0,064	0,109	20
		15	3,85	20x2,8	0,037	0,138	0,235	241
		16	0,60	20x2,8	0,020	0,074	0,127	9330
		17	0,70	20x2,8	0,020	0,074	0,127	26
		18	20,80	20x2,8	0,057	0,212	0,362	3079
Кабинет	4	1	0,30	20x2,8	0,016	0,058	0,099	60
		2	0,45	20x2,8	0,016	0,058	0,099	7
		3	15,00	20x2,8	0,016	0,058	0,099	240
		4	0,60	20x2,8	0,016	0,059	0,100	15173
		5	0,70	20x2,8	0,016	0,059	0,100	11
		6	15,10	20x2,8	0,016	0,059	0,101	250
Комната	5	1	0,35	20x2,8	0,022	0,081	0,138	116
		2	0,45	20x2,8	0,022	0,081	0,138	14
		3	11,95	20x2,8	0,022	0,082	0,139	348
		4	11,85	20x2,8	0,022	0,081	0,137	359
		5	0,60	20x2,8	0,022	0,082	0,139	14869
		6	0,70	20x2,8	0,022	0,082	0,139	19

Продолжение таблицы 11

Котельная	6	1	1,50	50x5,6	0,309	1,136	0,267	10074
		2	1,25	50x5,6	0,534	1,965	0,462	107
		3	1,90	50x5,6	0,534	1,965	0,462	790
		4	4,10	20x2,8	0,038	0,139	0,236	691
		5	1,65	50x5,6	0,309	1,151	0,270	317
		6	0,95	50x5,6	0,534	1,992	0,468	88
		7	2,00	50x5,6	0,534	1,992	0,468	810
		8	3,95	20x2,8	0,038	0,140	0,239	14966
Гараж	7	1	0,15	20x2,8	0,027	0,100	0,171	170
		2	0,15	20x2,8	0,027	0,100	0,171	171
		3	0,15	20x2,8	0,027	0,100	0,171	171
		4	0,20	20x2,8	0,027	0,100	0,171	12
		5	0,20	20x2,8	0,027	0,100	0,171	12
		6	8,85	20x2,8	0,054	0,200	0,342	1518
		7	0,20	20x2,8	0,027	0,100	0,171	22
		8	2,90	20x2,8	0,027	0,100	0,171	112
		9	0,20	20x2,8	0,027	0,100	0,171	12
		10	1,35	20x2,8	0,054	0,200	0,342	608
		11	2,15	25x3,5	0,109	0,401	0,437	800
		12	0,20	20x2,8	0,027	0,100	0,171	22
		13	3,20	20x2,8	0,027	0,100	0,171	122
		14	0,25	20x2,8	0,027	0,101	0,173	10741
		15	0,30	20x2,8	0,027	0,101	0,173	10932
		16	0,30	20x2,8	0,027	0,101	0,173	12715
		17	0,15	20x2,8	0,027	0,101	0,173	12662
		18	0,60	20x2,8	0,027	0,101	0,173	25
		19	2,90	20x2,8	0,027	0,101	0,173	107
		20	0,60	20x2,8	0,027	0,101	0,173	43
		21	8,85	20x2,8	0,054	0,203	0,346	1382
		22	0,60	20x2,8	0,027	0,101	0,173	25
		23	1,35	20x2,8	0,054	0,203	0,346	510
		24	2,40	25x3,5	0,109	0,406	0,443	835
		25	0,60	20x2,8	0,027	0,101	0,173	43
		26	3,20	20x2,8	0,027	0,101	0,173	117
Тамбур	8	1	2,80	20x2,8	0,006	0,024	0,040	10
		2	0,15	20x2,8	0,014	0,053	0,091	48
		3	0,45	20x2,8	0,014	0,053	0,091	9
		4	18,70	20x2,8	0,021	0,077	0,131	476
		5	0,40	20x2,8	0,014	0,054	0,092	15084
		6	2,80	20x2,8	0,006	0,024	0,041	8
		7	0,70	20x2,8	0,014	0,054	0,092	14
		8	2,30	20x2,8	0,021	0,078	0,133	100
Гардероб	9	1	0,15	20x2,8	0,006	0,024	0,040	10
		2	0,45	20x2,8	0,006	0,024	0,040	1
		3	0,40	20x2,8	0,006	0,024	0,041	15151
		4	0,70	20x2,8	0,006	0,024	0,041	2

Продолжение таблицы 11

Санузел	11	1	0,40	20x2,8	0,017	0,062	0,106	8
		2	0,15	20x2,8	0,017	0,062	0,106	65
		3	0,70	20x2,8	0,017	0,063	0,107	12
		4	0,35	20x2,8	0,017	0,063	0,107	8946
Гардероб	12	1	0,40	20x2,8	0,012	0,042	0,072	5
		2	4,05	20x2,8	0,017	0,062	0,106	77
		3	0,25	20x2,8	0,012	0,043	0,072	31
		4	0,70	20x2,8	0,012	0,043	0,073	9
		5	4,05	20x2,8	0,017	0,063	0,107	77
		6	0,50	20x2,8	0,012	0,043	0,073	9150
Санузел	13	1	0,70	20x2,8	0,015	0,056	0,096	16
		2	2,55	20x2,8	0,028	0,106	0,180	122
		3	0,40	20x2,8	0,015	0,056	0,096	9359
		4	0,40	20x2,8	0,015	0,056	0,095	9
		5	2,55	20x2,8	0,028	0,104	0,178	127
		6	0,25	20x2,8	0,015	0,056	0,095	54
Гардероб	14	1	0,40	20x2,8	0,010	0,038	0,065	4
		2	1,85	20x2,8	0,044	0,160	0,273	216
		3	0,10	20x2,8	0,010	0,038	0,065	25
		4	17,90	20x2,8	0,054	0,201	0,343	2316
		5	0,70	20x2,8	0,010	0,039	0,066	6
		6	1,85	20x2,8	0,044	0,162	0,277	210
		7	0,20	20x2,8	0,010	0,039	0,066	9830
		8	17,75	20x2,8	0,054	0,198	0,339	2393
Спальная	15	1	18,75	20x2,8	0,032	0,118	0,202	1047
		2	0,40	20x2,8	0,016	0,059	0,101	7
		3	0,55	20x2,8	0,016	0,059	0,101	65
		4	0,40	20x2,8	0,016	0,059	0,101	11
		5	2,65	20x2,8	0,016	0,059	0,101	39
		6	0,25	20x2,8	0,016	0,059	0,101	61
		7	18,90	20x2,8	0,032	0,120	0,204	1013
		8	0,70	20x2,8	0,016	0,060	0,102	11
		9	0,80	20x2,8	0,016	0,060	0,102	12324
		10	0,70	20x2,8	0,016	0,060	0,102	17
		11	4,80	20x2,8	0,016	0,060	0,102	69
		12	0,50	20x2,8	0,016	0,060	0,102	12422
Спальная	16	1	13,10	20x2,8	0,028	0,105	0,178	620
		2	0,40	20x2,8	0,014	0,052	0,089	5
		3	0,30	20x2,8	0,014	0,052	0,089	48
		4	0,40	20x2,8	0,014	0,052	0,089	8
		5	2,30	20x2,8	0,014	0,052	0,089	23
		6	0,25	20x2,8	0,014	0,052	0,089	47
		7	13,25	20x2,8	0,028	0,106	0,180	602
		8	0,70	20x2,8	0,014	0,053	0,090	9
		9	0,70	20x2,8	0,014	0,053	0,090	9
		10	0,45	20x2,8	0,014	0,053	0,090	13244
		11	0,70	20x2,8	0,014	0,053	0,090	14

Окончание таблицы 11

Спальная 16	16	12	2,30	20x2,8	0,014	0,053	0,090	28
		13	0,45	20x2,8	0,014	0,053	0,090	13288
Санузел 17	17	1	3,90	20x2,8	0,019	0,071	0,121	82
		2	0,40	20x2,8	0,019	0,071	0,121	10
		3	0,30	20x2,8	0,019	0,071	0,121	89
		4	0,65	20x2,8	0,019	0,072	0,123	15
		5	0,50	20x2,8	0,019	0,072	0,123	13467
		6	3,90	20x2,8	0,019	0,072	0,123	78
Гардероб 18	18	1	0,45	20x2,8	0,013	0,048	0,081	41
		2	2,00	20x2,8	0,013	0,048	0,081	18
		3	5,65	20x2,8	0,032	0,119	0,203	417
		4	5,75	20x2,8	0,032	0,120	0,205	412
		5	2,00	20x2,8	0,013	0,048	0,082	23
		6	0,65	20x2,8	0,013	0,048	0,082	13666
Кухня 19	19	1	1,20	32x3,6	0,226	0,830	0,477	10227
		2	0,20	20x2,8	0,010	0,036	0,062	23
		3	0,40	20x2,8	0,010	0,036	0,062	2
		4	3,50	20x2,8	0,010	0,036	0,062	24
		5	2,40	32x3,6	0,226	0,830	0,477	439
		6	2,40	32x3,6	0,226	0,841	0,484	374
		7	1,35	32x3,6	0,226	0,841	0,484	798
		8	0,45	20x2,8	0,010	0,037	0,063	14513
		9	0,70	20x2,8	0,010	0,037	0,063	3
		10	3,65	20x2,8	0,010	0,037	0,063	26
Санузел 20	20	1	0,15	20x2,8	0,015	0,055	0,093	51
		2	0,40	20x2,8	0,015	0,055	0,093	6
		3	4,90	20x2,8	0,015	0,055	0,093	78
		4	0,25	20x2,8	0,015	0,055	0,094	14350
		5	0,70	20x2,8	0,015	0,055	0,094	10
		6	5,05	20x2,8	0,015	0,055	0,094	86
Спальная и гардероб 21	21	1	0,50	20x2,8	0,017	0,062	0,105	70
		2	0,40	20x2,8	0,017	0,062	0,105	8
		3	1,45	20x2,8	0,017	0,062	0,105	25
		4	0,20	20x2,8	0,017	0,062	0,105	66
		5	0,40	20x2,8	0,017	0,062	0,105	12
		6	6,40	20x2,8	0,034	0,123	0,210	458
		7	0,65	20x2,8	0,017	0,062	0,106	13526
		8	0,70	20x2,8	0,017	0,062	0,106	12
		9	1,45	20x2,8	0,017	0,062	0,107	24
		10	0,35	20x2,8	0,017	0,062	0,107	13565
		11	0,70	20x2,8	0,017	0,062	0,107	19
		12	6,55	20x2,8	0,034	0,125	0,213	453
Спальная 22	22	1	0,25	20x2,8	0,020	0,075	0,128	99
		2	0,40	20x2,8	0,020	0,075	0,128	11
		3	15,95	20x2,8	0,020	0,075	0,128	388
		4	0,70	20x2,8	0,020	0,076	0,130	17
		5	0,45	20x2,8	0,020	0,076	0,130	13676
		6	16,10	20x2,8	0,020	0,076	0,130	374

4.3.2 Выбор отопительного прибора

В качестве отопительного прибора мной был выбран алюминиевый секционный радиатор Royal Thermo Indigo 500. Был сделан такой выбор, потому что эти радиаторы имеют высокую теплоотдачу. Они лёгкие, защищены от коррозии благодаря специальному покрытию внутренней части радиатора.



Рисунок 13 – Алюминиевый радиатор Royal Thermo Indigo 500

Indigo 500 производится в России на самом крупном и технически оснащенном заводе по производству радиаторов отопления в г. Киржач, Владимирской области. Дополнительные ребра на вертикальном коллекторе способствуют увеличению КПД радиатора и повышают его теплоотдачу на 5%. Теплоотдача каждой секции алюминиевого радиатора Indigo 500 – 192 Вт. Так же производитель даёт гарантию на 10 лет и заявляет срок эксплуатации не менее 20 лет. Стоимость одной секции такого радиатора на сайте производителя равна 1030 рублей.

Уникальной особенностью прибора является дополнительное конвекционное крыло в верхней части радиатора, отсекающее холодный воздух от окна. Часть потока теплого воздуха направляется внутрь помещения, другая часть поступает в противоположную сторону, образуя перед окном

своеобразную тепловую завесу, что способствует равномерному распределению тепла по комнате.

4.3.3 Выбор труб

В качестве труб я решил выбрать армированные стекловолокном полипропиленовые трубы отечественного производства компании Ростерм. Эти трубы имеют долгий срок эксплуатации, не подвержены коррозии, просты в монтаже, не расслаиваются и имеют вполне доступную цену на рынке.



Рисунок 14 – Армированная полипропиленовая труба

4.3.4. Выбор насоса

По результатам гидравлического расчёта в программе Danfoss, я решил подобрать на сайте grundfos подходящий для моей системы насос. Сайт grundfos очень удобен в подборе насосного оборудования. Он показывает все характеристики насоса и его рабочую точку на графике. В результате был подобран насос ALPHA2 25-60 N 180, отлично подходящий для нашей системы. Он изготовлен из нержавеющей стали и отлично подходит как к системе отопления, так и к системе ГВС.



Рисунок 15 – Насос ALPHA2 25-60 N 180

Таблица 11 – Параметры рабочей точки насоса

Наименование параметров		
ΔP , Па	Н, м	V, м ³ /ч
27990	2,96	1,99

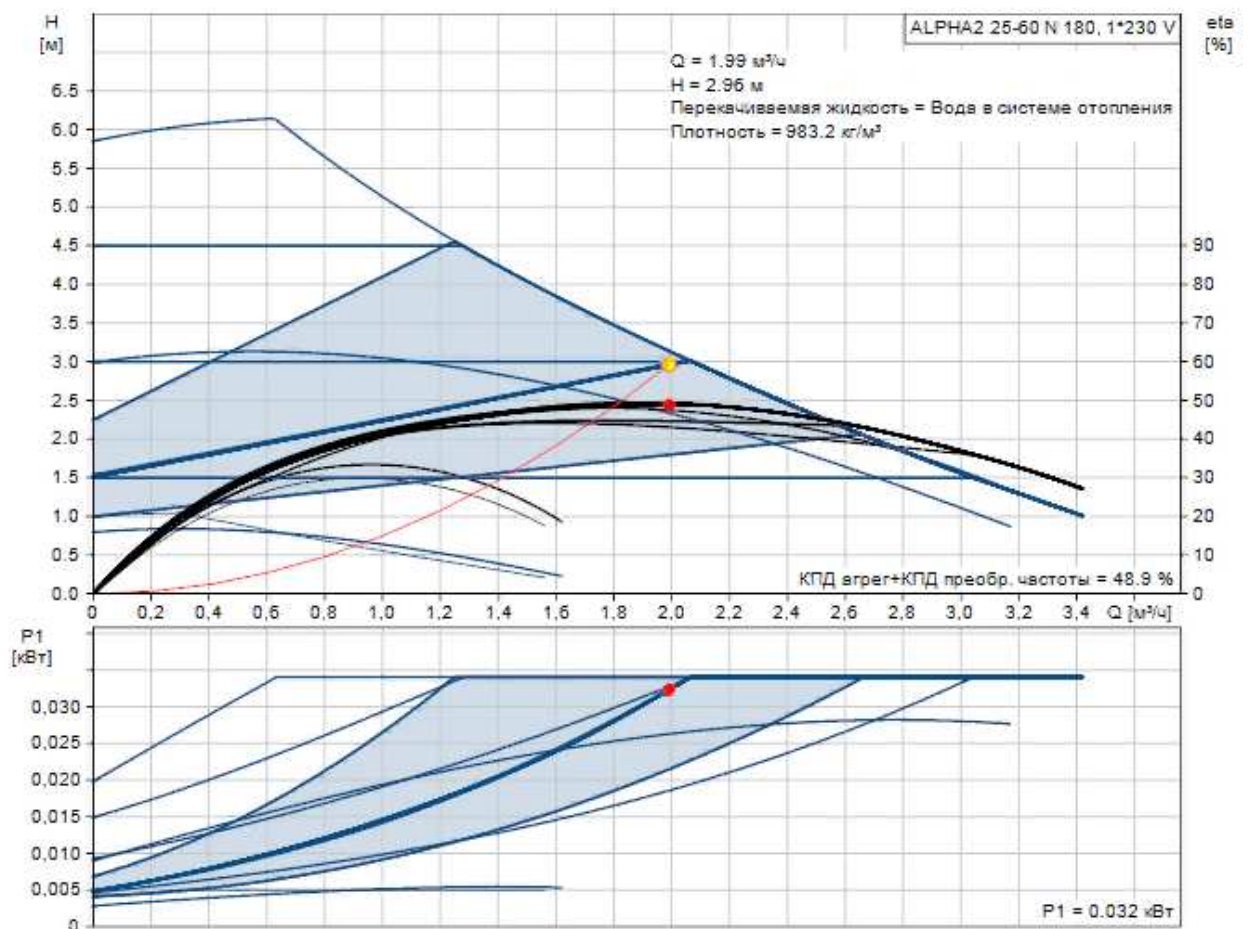


Рисунок 16 – График рабочей точки насоса

4.3.5. Выбор арматуры

В качестве регулирующей арматуры для радиатора был выбран запорный клапан RLV-II и термостатический вентиль RA-N-FTC для регулирования температуры в помещениях.

На подающий и обратный коллектор был установлен: шаровой полнопроходной кран DANF BVR от компании Danfoss, регулятор перепада давления ASV-PV25 на обратный коллектор, который поддерживает постоянный перепад давления 5-25 кПа, и сигнал перепада давления на подающий коллектор.

К насосной группе были установлены сетчатые фильтры со сливным краном DANF FVR-D, на подающий и обратный трубопровод, шаровой полнопроходной кран DANF BVR по два экземпляра на каждый трубопровод.

4.3.6. Выбор расширительного бака

Так как в системе отопления нужно компенсировать температурные расширения теплоносителя, нам необходимо подобрать расширительный бак.

Для расчета рабочего объема расширительного бака необходимо определить суммарный объем системы отопления сложением водяных объемов котла, отопительных приборов, трубопроводов. Объем расширительного бака:

$$V = \frac{VL \cdot E}{D} \quad (4.3.6.1.)$$

где VL – суммарный объем системы (котел, радиаторы, трубы, теплообменники и т.п.), м³;

E – коэффициент расширения жидкости, для водяных систем отопления с максимальной температурой до 95°C вычисляется как отношение удельного объема при температуре 95°C к отношению удельного объема при температуре 20°C;

D – эффективность мембранного расширительного бака, определяемая по выражению:

$$D = \frac{PV - PS}{PV + 1} \quad (4.3.6.2.)$$

где PV – максимальное рабочее давление системы отопления (расчетное давление предохранительного клапана равно максимальному рабочему давлению), для коттеджей обычно достаточно 2.5 бар;

PS – давление зарядки мембранного расширительного бака (должно быть равно статическому давлению системы отопления).

Общий объем системы отопления равен 323 л. В ходе расчёта было определено, что расширительный бак должен иметь минимальный объем 46 л.

Поэтому был подобран расширительный бак WRV 50 л AXIS WRV 50_A, объёмом 50 л. Страна производитель этого бака – Россия. Диапазон рабочих температур данного бака от -10 до +110 градусов.

5. Экономическая часть проекта

В экономической части данного проекта мы посчитаем смету затрат собственной котельной, и сравним её с централизованным отоплением.

5.1. Стоимость оборудования для отопления

Стоимость всего оборудования, которое нам понадобится для системы отопления и ГВС представлена в таблице 12.

Таблица 12

Наименование оборудования	Количество, шт	Цена за 1 шт, руб	Итог, руб
Котёл	1	251000	251000
Кол. секций радиаторов	344	1030	354320
Трубы	568,9	63	35840,7
Насос	1	27521	27521
Термостатический вентиль	29	3133	90874
Запорный клапан RLV-П	29	395	11455
Балансировочный клапан ASV-PV	2	37083	74166
Фильтр сетчатый FVR-D, d=40	2	7261	14522
Фильтр сетчатый FVR-D, d=25	2	3796	7592
Шаровой кран BVR 40	6	3017	18102
Шаровой кран BVR 41	2	1320	2640
Коллекторная группа Millennium 1" на 8 выходов	1	13400	13400
Расширительный бак	1	4300	4300
Водонагреватель накопительный Equation EQ2-200	1	34 270	34270
Итог			940000

5.2. Затраты на топливо за один отопительный период

Для отопления здания мы будем закупать Бородинский уголь (орех). Его стоимость составляет 2200 рублей, калорийность 3900 ккал/кг, фракция (10-50 мм).

На графике Россандера (рисунок 17), мы можем посчитать нагрузку на отопление за весь отопительный период.

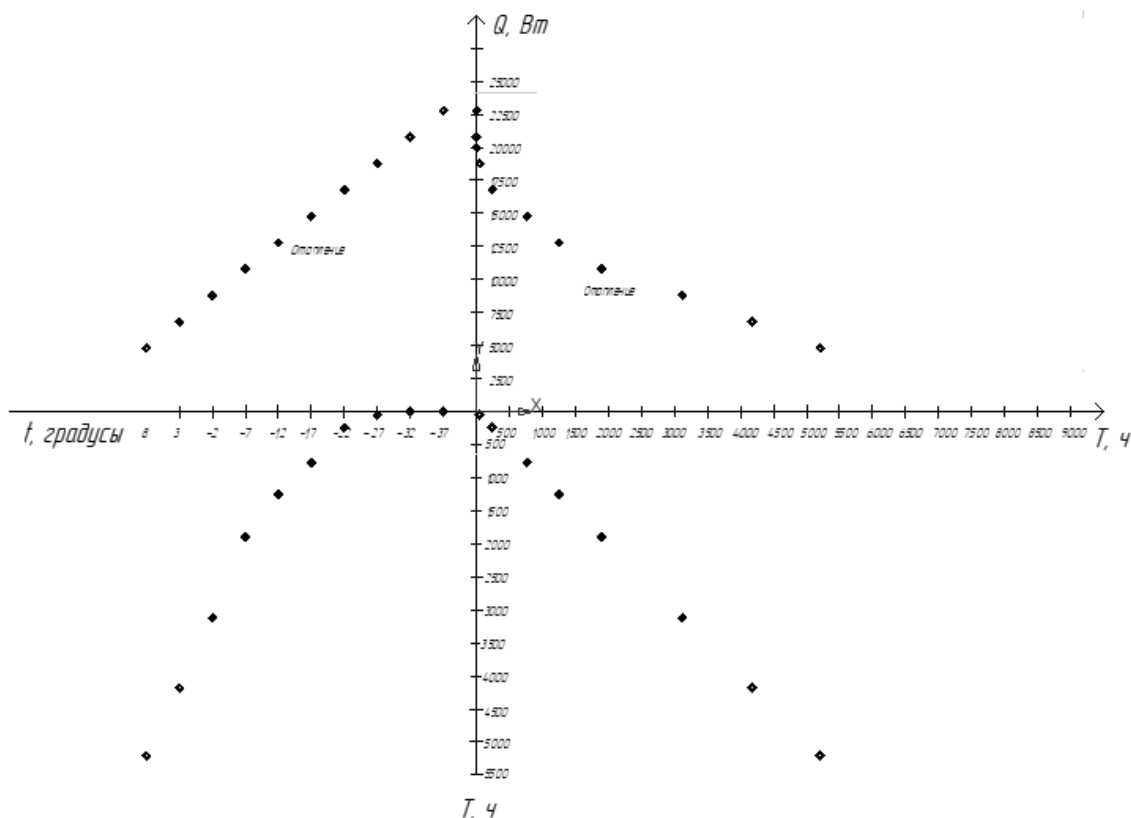


Рисунок 17 – График Россандера

Потребность в топливе за один отопительный год:

$$m = \frac{Q_{\text{потгод}}}{Q_{\text{рн}}} = 3,3 \text{ т}, \quad (5.2.1.)$$

где $Q_{\text{рн}}$ – теплотворная способность топлива, равная 3900 ккал/кг;

Траты на уголь за один отопительный год:

$$C_{\text{т}} = C_{\text{у}} \cdot m = 7260 \text{ руб}, \quad (5.2.2.)$$

где $C_{\text{у}}$ – цена угля, 2200 руб/т;

Траты на доставку угля за один отопительный год:

$$C_{\text{д}} = C_{\text{т}} \cdot 10\% = 726 \text{ руб} \quad (5.2.3.)$$

Стоимость топлива и его доставки в один отопительный период составит 7986 рублей.

5.3 Затраты на электроэнергию

Расходы денежных средств на отопление:

$$C_{\text{N}} = (N_{\text{к}} + N_{\text{цн}}) \cdot C_{\text{эл}} \cdot \tau = 11040 \text{ руб} \quad (5.3.1.)$$

где N_k – расход электроэнергии котла, равный 9,6 кВт/ч; $N_{цн}$ – расход электроэнергии насоса, равный 0,768 кВт/ч; τ – продолжительность отопительного периода, равная 233 дня; $\text{Ц}_{эл}$ – тариф на электроэнергию, равный 4,57 руб/кВт.

Расход денежных средств на ГВС в год:

$$\text{Ц}_N = (N_{э.б.}) \cdot \text{Ц}_{эл} \cdot \tau = 30024 \text{ руб} \quad (5.3.2.)$$

где τ – продолжительность отопительного периода, равная 365 дней; $N_{э.б.}$ – расход электроэнергии водонагревателя, равный 18 кВт/ч.

Заключение

В ходе бакалаврской работы были выполнены:

- Проект здания в программе Revit;
- Обзор на виды системы отопления;
- Расчёт тепловой нагрузки здания на отопление и ГВС;
- Расчёт энергоэффективности здания;
- Обзор котельного агрегата;
- Подбор котла для отопления, а также вида топлива;
- Обзор ключевого оборудования для системы отопления;
- Подбор электробойлера для ГВС;
- Расчёт гидравлики в программе Danfoss;
- Построение аксонометрической и периметральной схемы;
- Выбор насоса, запорно-регулирующей арматуры, насоса, бака аккумулятора, труб;
- Расчёт себестоимости оборудования;
- Расчёт стоимости на отопление в один отопительный сезон.

Список используемых источников

1. Интернет-энциклопедия по обустройству сетей инженерно-технического обеспечения / Совет инженера – 2021. URL: <https://sovet-ingenera.com>.
2. Информационный сайт про ремонт и строительство жилья – 2022 / proИЖС. URL: <https://proizhs.ru>.
3. Карпович О.В., Сравнение однотрубной и двухтрубной систем отопления на примере многоквартирного дома / О.В. Карпович: ТГАСУ, 24 апреля 2018 года – 3 с.
4. Свод правил: Тепловая защита зданий. СП 50.13330.2012.
5. Свод правил: Строительная климатология. СП 131.13330.2020.
6. Свод правил: Внутренний водопровод и канализация зданий. СП 30.13330.2020.
7. Свод правил: Тепловые сети. СП 124.13330.2012.
8. Тройниковая и лучевая схемы разводки / Производственная компания «Контур» - 2021. URL: <https://контур.рф>.
9. Danfoss – официальный сайт. – Норборге, 1993. URL: <https://www.danfoss.com>;
10. Royal Thermo – официальный сайт. – Киржач. URL: <https://www.royal-thermo.ru>.

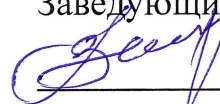
Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт

Теплотехники и гидрогазодинамики
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



подпись

«22»

В.А. Кулагин

инициалы, фамилия

июня 2022 г.

Бакалаврская работа


13.03.01. – Теплоэнергетика и теплотехника

код – наименование направления

Проект теплоснабжения жилого здания

тема


Руководитель


подпись, дата

Доцент, к.т.н
должность, учёная степень

М.В.Колосов
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

И.Н. Питерцев
инициалы, фамилия

Красноярск 2022