

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

Политехнический институт

институт

Теплотехники и гидрогазодинамики

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В. А. Кулагин

подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 20__ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.01. Теплоэнергетика и теплотехника

код и наименование направления.

Проект теплоснабжения жилого дома в поселке Суворовский
г. Красноярск

тема

Руководитель

подпись, дата

ст. преп. каф. ТТиГД

должность, ученая степень

А.А. Яковенко

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

Т.С. Родионова

инициалы, фамилия

Красноярск 2023

Реферат

Выпускная квалификационная работа по теме «Проект теплоснабжения жилого дома в поселке Суворовский г. Красноярска» содержит 45 страниц текстового документа, 17 иллюстраций, 6 таблиц, 9 использованных источников.

Ключевые слова: Жилой дом, система отопления, ГВС.

Объектом квалификационной работы является частный дом, площадью 141 м².

Цель работы:

- проектирование системы отопления;
- расчет ГВС;
- подбор необходимого оборудования;
- экономическое обоснование.

В результате квалификационной работе была разработана система отопления здания; посчитана тепловая нагрузка на ГВС и отопление; подобрано все необходимое оборудование; был произведен экономический расчет.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. Климатологические характеристики района и описание объекта проектирования	7
2. Выбор системы отопления	9
2.1. Разводка труб к радиаторам	9
2.2 Взаимное расположение основных элементов	10
2.3 Выбор вида теплоносителя	10
2.4 Разводка системы отопления	10
3. Расчет тепловой нагрузки здания	12
3.1 Расчёт градусо-суток отопительного периода (ГСОП)	12
3.2 Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций	12
3.2.1 Расчёт теплозащитных свойств наружных стен	12
3.2.2 Расчёт теплозащитных свойств оконных проёмов	14
3.2.3 Расчёт теплозащитных свойств дверных проёмов	14
3.2.4 Расчёт теплозащитных свойств чердачного перекрытия	15
3.2.5 Расчёт теплозащитных свойств полов по грунту	16
3.3. Расчет мощности системы отопления	17
3.3.1. Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии	17
3.3.2. Расчет удельной вентиляционной характеристики	18
3.3.3. Расчет средней кратности воздухообмена здания за отопительный период	19
3.3.4. Расчет количества инфильтрующегося воздуха	20
3.3.5. Расчет удельной характеристики бытовых тепловыделений	20

3.3.6. Расчет удельной характеристики теплопоступлений от солнечной радиации.....	21
3.3.7. Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания.....	22
3.4. Расчет общих теплопотерь здания за отопительный период	22
3.5. Тепловая нагрузка на ГВС	22
3.6. Результаты расчетов	23
3.7. Расчёт отопительной нагрузки в помещениях	25
4. Подбор отопительного оборудования.....	27
4.1. Выбор котла для отопления	27
4.2. Выбор электробойлера	30
4.3. Выбор электрогенератора.....	31
5. Гидравлика	32
5.1. Гидравлический расчет.....	32
5.2. Выбор отопительного прибора	37
5.3. Выбор труб.....	39
5.4. Выбор насоса	39
5.5. Расширительный бак.....	41
6. Экономический расчет.....	43
Заключение	44
Список использованных источников	45

ВВЕДЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе представлен вариант теплоснабжения жилого дома. Жилой дом находится в поселке Суворовский в городе Красноярск. Для расчета всех нагрузок здания будут учтены климатические условия данного региона в соответствии с нормативными документами. Важным подходом было выбор исключительно российского оборудования для системы отопления и ГВС.

Всё необходимое оборудование для системы отопления и ГВС будет выбираться исключительно российского производства.

Источник тепла будет находиться в самом доме, что значительно снизит потери и освободит от сооружения теплотрасс. Жилые дома в основном не подключены с системы центрального теплоснабжения. Поэтому они проектируются на использование автономной системы, питающий один дом.

Следовательно, целью данного проекта является решение проблемы отопления в жилом доме.

Задачи проекта:

1. Выбор системы отопления;
2. Расчет тепловой нагрузки здания;
3. Гидравлический расчет;
4. Подбор оборудования для системы отопления;
5. Экономический расчет.

Проектируемый дом, для которого будут проведены расчеты, представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Жилой дом

1. Климатологические характеристики района и описание объекта проектирования

Местоположение дома – г. Красноярск.

В соответствии с СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» район расположения жилого дома характеризуется следующими условиями, представленными в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Климатологическая характеристика г. Красноярск

Наименование параметра	Значение
Температура воздуха самой холодной пятидневки с обеспеченностью - 0,92	-37
Продолжительность отопительного периода, сут.	234
Внутренняя расчетная температура,	20
Средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха 8 °С	-6,6

Характеристика всех помещений представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика помещений.

Состав помещений	Площадь, м ²	Площадь стен, м ²	Площадь окон, м ²	Площадь дверей выходящих на улицу, м ²	Минимально допустимая температура воздуха, °С
Гардеробная	7,6	0	0	0	20
Спальня	9,2	8,04	1,35	0	20
Спальня	13,8	23,25	2,7	0	20
Прихожая	5,2	0	0	0	20
Санузел	8	8,28	0	0	20
Коридор	3,2	0	0	0	20
Кухня	7,4	8,67	1,35	0	20
Зал	16,6	23,55	4,5	0	20
Котельная	6	22,7	0	1,6	20
Тамбур	12	7,6	0	3,2	20
Зимний сад	12	26,9	4,2	1,6	20
Гараж	40	48	0	4,4	20

Минимально допустимая температура внутреннего воздуха принималась из СанПиН 1.2.3685-21 в соответствии с СП.13330.2020 пункт 5, подпункт 5.1. б [2].

На рисунке 2 представлен план дома.

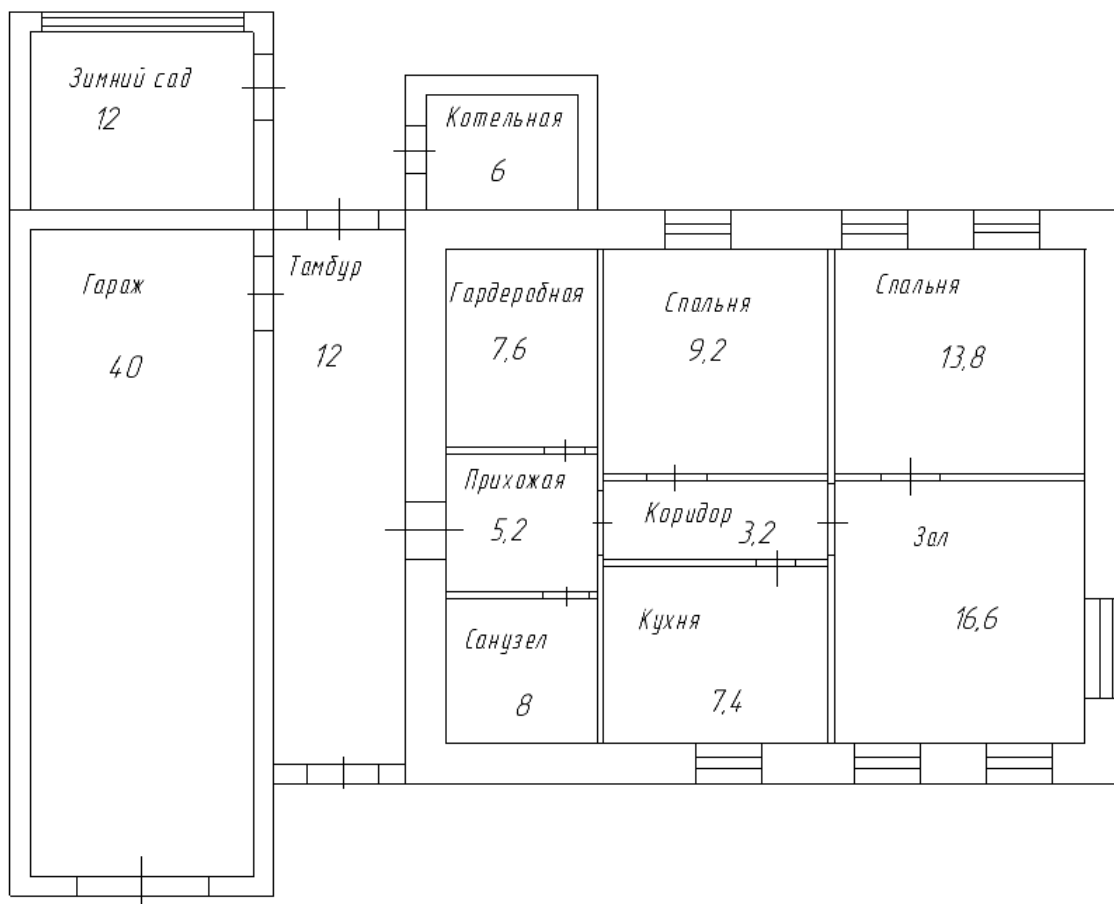


Рисунок 2 – План жилого дома

2. Выбор системы отопления

2.1. Разводка труб к радиаторам

На основании изученных способов разводки труб к радиаторам, была выбрана двухтрубная схема подключения. В таких схемах, подвод горячего теплоносителя к радиатору и отвод остывшего из радиатора осуществляются по двум различным трубопроводам отопительных систем.

Также была выбрана попутная схема направление движения теплоносителя. В системе отопления с попутным движением жидкости по обоим контурам (подаче и обратке), создаются равные условия для гидравлического расчета. Длина труб по контурам одинакова, что обеспечивает одинаковый нагрев отопительных приборов в системе. Отопительный прибор в конце контура нагревается также как и прибор в начале контура.

Для работы этой системы необходим циркуляционный насос. При использовании самотечной системы, количество отопительных приборов не должно превышать 10, а разводка должна быть одноэтажной.

Попутная схема отопления обладает несколькими преимуществами:

1) равномерное обогревание всех помещений, что обеспечивает одинаковую температуру внутри каждого помещения, начиная от первого до последнего радиатора.

2) данная схема также имеет высокую надежность и редкость поломок, что обеспечивает долгий срок эксплуатации системы. [3]



Рисунок 3 – Попутная схема движения теплоносителя

2.2 Взаимное расположение основных элементов

Отопление будет производиться от котла, который находится на территории участка дома, поэтому была выбрана местная система отопления.

Преимуществом местного отопления является возможность повышения температуры в помещении в любое время года для комфортного нахождения в доме.

2.3 Выбор вида теплоносителя

Исходя из пожеланий заказчика, в качестве теплоносителя будет использована вода.

Вода – практически несжимаемая жидкая среда. При использовании воды в качестве теплоносителя обеспечивается достаточно равномерная температура в помещении, площадь поперечного сечения труб уменьшается по сравнению с другими теплоносителями, достигается бесшумность перемещения в трубах.

Преимущества воды как теплоносителя:

1. Стоимость теплоносителя;
2. Теплоемкость воды;
3. Высокие показатели отдачи тепла и сохранения температуры на продолжительное время;
4. Безопасность теплоносителя. [3]

2.4 Разводка системы отопления

Разводку системы отопления для дома выбрали лучевую.

В данной схеме каждый из радиаторов подключается напрямую к коллектору. Это позволяет обеспечить максимальный прогрев помещений.

Преимущества лучевой системы:

1. Давление воды и температуру в каждом из них можно регулировать отдельно;
2. При ремонте можно получить беспрепятственный доступ к трубным соединениям, что ускоряет выявление неполадок и их устранение;

3. Лучевая система позволяет убрать трубы из виду или в стенах, или под полом, и разводка не будет бросаться в глаза;

4. Правильная схема лучевой разводки позволяет эффективно распределять тепло по всей площади дома. [4]

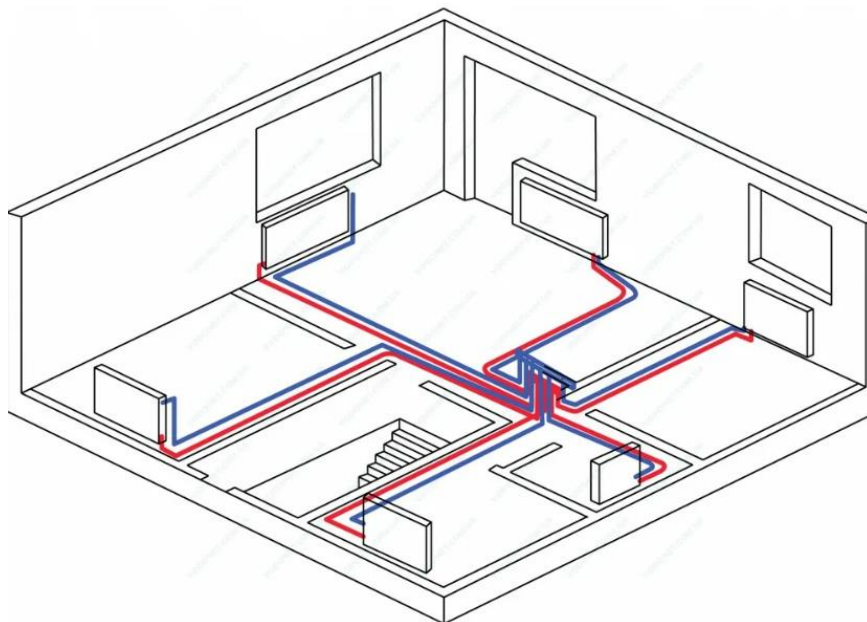


Рисунок 4 – Пример лучевой разводки трубопровода

3. Расчет тепловой нагрузки здания

3.1 Расчёт градусо-суток отопительного периода (ГСОП)

Показатель градусо-суток отопительного периода (D_d) необходим для определения минимальных значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий. Расчет минимальных значений проводится в соответствии с формулой, указанной в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [5], данный показатель учитывает влияние более холодного периода в отопительный сезон и дает возможность определить, насколько эффективно ограждающие конструкции способны сохранять тепло в помещении:

$$D_d = (t_b - t_{от.п.}) \cdot z_{от.п.} \quad (3.1.)$$

t_b – расчётная температура воздуха в помещении, °С;

$t_{от.п.}$ – средняя температура за отопительный период, °С;

$z_{от.п.}$ – продолжительность отопительного периода в сутках.

$$D_d = (20 + 6,6) \cdot 234 = 6224,4$$

Из расчета можно сказать, что для все помещений ГСОП равен $6224,4^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$.

Определение минимальных значений сопротивления теплопередаче является необходимым этапом в процессе проектирования здания. Это позволяет снизить затраты на отопление и обеспечить комфортный температурный режим внутри помещений.

3.2 Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций

3.2.1 Расчёт теплозащитных свойств наружных стен

Из условий проектирования здания принимаем следующую конструкцию наружных стен:

1 – известково-песчаный раствор толщиной $\delta_1=0,02$ м, $\lambda_1 = 0,7$ Вт/(м · °С);

2 – кирпичная кладка из керамического полнотелого кирпича $\delta_2=0,5$ м, $\lambda_2 = 0,7$ Вт/(м · °С);

3 – теплоизоляционный материал – базальтовая плита, $\lambda_3 = 0,08 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

По градусо-суткам отопительного периода $D_d=6224,4^\circ\text{C}\cdot\text{сут.}$, отличающимся от табличных, определяем требуемое значение сопротивления теплопередаче стены по следующей формуле:

$$R_{\text{rec}} = D_d \cdot a + b \quad (3.2.)$$

где a , b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы 3 из СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [5]. Принимаем $a = 0,00035$; $b = 1,4$.

$$R_{\text{rec}} = 6224,4 \cdot 0,00035 + 1,4 = 3,57854 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче определяется по формуле:

$$R_{\text{rec}} = \frac{1}{a_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{a_{\text{н}}} \quad (3.3.)$$

где $a_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения для условий холодного периода

Принимаем:

$$a_{\text{н}} = 23 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К} [5].$$

$a_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [5].

$$a_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$$

$$R_{\text{rec}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,5}{0,7} + \frac{\delta_3}{0,08} + \frac{1}{23} = 3,57854$$

$$\text{Откуда } \delta_3 = 0,21 \text{ м}$$

Принимаем ближайшую к этому значению толщину базальтовой плиты по сортаменту, толщина используемого утеплителя составит 0,25 м.

По формуле (3.3.) находим фактическое термическое сопротивление теплопередаче наружной стены:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,5}{0,7} + \frac{0,25}{0,08} + \frac{1}{23} = 4,026 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Коэффициент теплопередачи через наружные стены определяется по формуле:

$$k_{ст} = \frac{1}{R_w} \quad (3.4.)$$

$$k_{ст} = \frac{1}{4,026} = 0,25 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

3.2.2 Расчёт теплозащитных свойств оконных проёмов

По градусо-суткам отопительного периода ГСОП = 6224,4 °С·сут., отличающимся от табличных значений, определяем требуемое значение сопротивления теплопередаче стены по формуле (3.2.). Принимаем $a = 0,00035$; $b = 1,4$ [5].

$$R_{rec} = 6224,4 \cdot 0,00035 + 1,4 = 3,57854 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Выбираем конструкцию окна с сопротивлением теплопередаче большим или равным требуемого.

Принимаем по СП23-101-2004 тип заполнения светового проема: тройное остекление в раздельно-спаренных переплетах [5].

$$R_0 = 0,55 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Коэффициент теплопередачи через световые проемы определяем по формуле:

$$k_{с.п.} = \frac{1}{R_0} - k_{ст} \quad (3.5.)$$

$$k_{с.п.} = \frac{1}{0,55} - 0,25 = 1,56 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

3.2.3 Расчёт теплозащитных свойств дверных проёмов

Приведенное сопротивление теплопередаче входных дверей должно быть не менее произведения $0,6 \cdot R_{rec}$, где R_{rec} - приведенное сопротивление теплопередаче дверных проемов, определяемое по формуле:

$$R_{rec} = \frac{n \cdot (t_B - t_H)}{\Delta t_H \cdot a_B} \quad (3.6.)$$

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения ограждения по отношению к наружному воздуху, для наружных стен и бесчердачных перекрытий по данным [5], принимаем $n=1$;

Δt_H – температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждающей конструкции, по данным [5], принимаем $\Delta t_H = 4,5$ °С.

$$R_{rec} = \frac{1 \cdot (18 - (-31))}{4,5 \cdot 8,7} = 1,2516 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче входных дверей равно:

$$R_0 = 1,2516 \cdot 0,6 = 0,75096 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Коэффициент теплопередачи через дверные проемы определим по следующей формуле:

$$k_D = \frac{1}{R_0} \quad (3.7.)$$

$$k_D = \frac{1}{0,75096} = 1,33 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

3.2.4 Расчёт теплозащитных свойств чердачного перекрытия

1 – сосновые доски толщиной $\delta_1=0,05$ м, $\lambda_1 = 0,18$ Вт/(м · °С);

2 – теплоизоляционный материал – шлак, $\lambda_2 = 0,47$ Вт/(м · °С).

Коэффициенты теплопроводности материалов находим по приложению Д (СП23–101–2004).

По градусо-суткам отопительного периода ГСОП = 6224,4°С·сут., определяем требуемое значение сопротивления теплопередаче стены по формуле (3.2.). Принимаем $a = 0,00035$; $b = 1,3$ по данным таблицы 3 [5].

$$R_{rec} = 6224,4 \cdot 0,00035 + 1,4 = 3,57854 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче по формуле (3.3.) равно:

$$R_{rec} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,18} + \frac{\delta_2}{0,47} + \frac{1}{23} = 3,57854 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Откуда $\delta_2 = 1,47$ м

Принимаем ближайшую к этому значению толщину листа шлака по сортаменту (ГОСТ 20916-87), толщина используемого утеплителя составит 1,5 м.

По формуле (3.3.) находим фактическое термическое сопротивление теплопередаче наружной стены:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,18} + \frac{1,5}{0,47} + \frac{1}{23} = 3,62769 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Коэффициент теплопередачи определяется по формуле (3.3.):

$$k_{\text{п}} = \frac{1}{3,62769} = 0,275 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

3.2.5 Расчёт теплозащитных свойств полов по грунту

Принимаем следующую конструкцию полов:

1 – железобетонная плита, $\delta_1=0,25$ м, $\lambda_1 = 1,94$ Вт/(м · °С);

2 – цементно-песчаная стяжка, $\delta_2=0,017$ м, $\lambda_2 = 0,95$ Вт/(м · °С);

3 – теплоизоляционный слой – деревянные плиты, $\lambda_3 = 0,15 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}}$.

Коэффициент теплопроводности материалов находим по приложению Д (СП23–101–2004) [5].

По градусо-суткам отопительного периода ГСОП = 6224,4°С·сут., отличающимся от табличных, определяем требуемое значение сопротивления теплопередаче стены по формуле (3.3.). Принимаем $a = 0,00035$; $b = 1,4$ по данным таблицы 3 [5].

$$R_{\text{rec}} = 6224,4 \cdot 0,00035 + 1,4 = 3,57854 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче по формуле (3.3.) равно:

$$R_{\text{rec}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{1,94} + \frac{0,017}{0,95} + \frac{\delta_3}{0,15} + \frac{1}{23} = 3,57854 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Откуда $\delta_3 = 0,049$ м

Принимаем ближайшую к этому значению толщину листа древесины по сортаменту (ГОСТ 10632-2014), толщина используемого утеплителя составит 0,05 м [5].

По формуле (3.3.) находим фактическое термическое сопротивление теплопередаче наружной стены:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{1,94} + \frac{0,017}{0,95} + \frac{0,05}{0,15} + \frac{1}{23} = 0,63851 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Коэффициент теплопередачи через пол определяем по формуле (3.4.):

$$k_{\text{п}} = \frac{1}{3,724} = 0,26 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

3.3. Расчет мощности системы отопления

3.3.1. Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии

Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания определяем по формуле:

$$q_{\text{от}}^p = k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - \beta_{\text{КПИ}}(k_{\text{рад}} + k_{\text{быт}}) \quad (3.8.)$$

где $k_{\text{об}}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³·°С), определяется в соответствии с приложением Ж СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [5];

$k_{\text{вент}}$ – удельная вентиляционная характеристика, Вт/(м³·°С);

$k_{\text{быт}}$ – удельная характеристика внутренних теплопоступлений здания, Вт/(м³·°С);

$k_{\text{рад}}$ – удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м³·°С);

$\beta_{\text{КПИ}}$ – коэффициент полезного использования теплопоступлений, рассчитывается по формуле:

$$\beta_{\text{КПИ}} = \frac{K_{\text{рег}}}{(1+0,5n_{\text{в}})}, \quad (3.9.)$$

здесь $K_{\text{рег}}$ – коэффициент эффективности регулирования подачи теплоты в системах отопления. Ниже представлены рекомендуемые значения:

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

$K_{рег} = 0,9$ - в системе отопления с местными терморегуляторами и центральным авторегулированием на вводе;

$K_{рег} = 0,85$ - в системе отопления без местных терморегуляторов и пофасадным авторегулированием;

$K_{рег} = 0,8$ - в системе отопления с местными терморегуляторами и без авторегулирования на вводе;

$K_{рег} = 0,7$ - в системе отопления без местных терморегуляторов и центральным авторегулированием на вводе;

$K_{рег} = 0,6$ - в системе отопления без местных терморегуляторов и без авторегулирования на вводе;

$n_в$ - средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч⁻¹.

3.3.2. Расчет удельной вентиляционной характеристики

Удельная вентиляционная характеристика жилого дома определяется по формуле:

$$k_{вент} = 0,28c(L_{вент}\rho_{вент}^{вент} n_{вент}(1 - k_{эф}) + G_{инф}n_{инф})/(168V_{от}) \quad (3.10.)$$

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

$\rho_в^{вент}$ – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м, определяется по формуле:

$$\rho_{в}^{вент} = 353/(273 + t_{от}); \quad (3.11.)$$

$L_{вент}$ – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке или нормируемое значение при механической вентиляции, м³/ч, равное:

а) жилые здания с расчетной заселенностью квартир менее 20 м² общей площади на человека - $3A_{ж}$;

б) другие жилые здания - $0,35h_{эт}A_{об}$, но не менее $30m$, где $A_{об}$ - общая площадь квартир, м²; m - расчетное число жителей в здании;

в) общественные и административные здания определяемые согласно подразделу проектной документации «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети» или согласно приложению И СП 60.13330.2016 с учетом количества человек в помещениях [2];

$A_{ж}$ - для жилых зданий (а именно, площадь спален, детских, гостиных, кабинетов, библиотек, столовых и кухонь-столовых), м²;

$n_{вент}$ – число часов работы механической вентиляции в течение недели;

$G_{инф}$ – количество инфильтрующегося воздуха в здании, кг/ч, определяется по Г.4 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [5];

$n_{инф}$ – число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное:

а) 168 для зданий со сбалансированной приточно-вытяжной вентиляции;

б) $(168 - n_{вент})$ для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции;

$V_{от}$ – отапливаемый объем здания, который равен объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных зданий, м³;

$k_{эф}$ – коэффициент эффективности рекуператора.

3.3.3. Расчет средней кратности воздухообмена здания за отопительный период

Средняя кратность воздухообмена здания в течение отопительного периода, ч⁻¹, рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле:

$$n_B = \left[\frac{L_{вент} n_{вент}}{168} + \frac{G_{инф} n_{инф}}{168 \rho_{вент}} \right] / (\beta_v V_{от}) \quad (3.12.)$$

где $L_{вент}$ – то же, что и в формуле (3.10.);

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

168 – число часов в неделе;

$G_{инф}$ – то же, что и в формуле (3.10.);

β_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, с учетом наличия внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных следует принимать $\beta_v = 0,85$.

3.3.4. Расчет количества инфильтрующегося воздуха

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

$$G_{\text{инф}} = \left(\frac{A_{\text{ок}}}{R_{\text{и,ок}}^{\text{тр}}} \right) \left(\frac{\Delta p_{\text{ок}}}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{A_{\text{дв}}}{R_{\text{и,дв}}^{\text{тр}}} \right) \left(\frac{\Delta p_{\text{дв}}}{10} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (3.13.)$$

где $A_{\text{ок}}$ и $A_{\text{дв}}$ – суммарная площадь окон, балконных дверей, а также входных наружных дверей, м²;

$R_{\text{и,ок}}^{\text{тр}}$ и $R_{\text{и,дв}}^{\text{тр}}$ – требуемое сопротивление воздухопроницаемости окон, балконных дверей, а также входных наружных дверей, (м²·ч)/кг;

$\Delta p_{\text{ок}}$ и $\Delta p_{\text{дв}}$ – 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 по формуле (7.3) СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» при температуре воздуха, равной $t_{\text{от}}$, где $t_{\text{от}}$ – то же, что в формуле (5.2) СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [5].

3.3.5. Расчет удельной характеристики бытовых тепловыделений

Удельная характеристика бытовых тепловыделений жилых зданий определяется по формуле:

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} A_{\text{ж}}}{V_{\text{от}} (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})}, \quad (3.14.)$$

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

$q_{\text{быт}}$ – величина бытовых тепловыделений на 1 м площади жилых помещений, Вт/м², принимая для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир меньше 20 м² общей площади на человека $q_{\text{быт}} = 17 \text{ Вт/м}^2$;

б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 м² общей площади и более на человека $q_{\text{быт}} = 10 \text{ Вт/м}^2$;

в) других жилых зданий - в зависимости от расчетной заселенности квартир по интерполяции величины $q_{\text{быт}}$ между 17 и 10 Вт/м².

3.3.6. Расчет удельной характеристики тепlopоступлений от солнечной радиации

Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации должна определяться по формуле:

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6Q_{\text{рад}}^{\text{гот}}}{(V_{\text{отГСОП}})}, \quad (3.15.)$$

где $Q_{\text{рад}}^{\text{гот}}$ – тепlopоступления через окна и фонари от солнечной радиации за отопительный периода, МДж/год, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемые по методике раздела 10 СП 345.1325800.2017 [6],

$$Q_{\text{рад}}^{\text{гот}} = \sum_j [I_j^{\text{вер}} * \sum_{l=1}^L g_{jl} \tau_{2jl} A_{jl}] + I^{\text{гор}} \sum_{y=1}^Y g_{\text{фон}} \tau_{2\text{фон}} A_{\text{фон}}, \quad (3.16.)$$

где $I_j^{\text{вер}}$ - суммарная солнечная радиация в течение отопительного периода для вертикальной поверхности на широте 56, МДж/год·м², принимается исходя из п.9.1, СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» [1];

$I^{\text{гор}}$ – суммарная солнечная радиация для горизонтальной поверхности за отопительный период, МДж/год·м², принимается из п. 8.1, СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» [1];

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

g_{jl} и $g_{\text{фон}}$ - 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» [6];

τ_{2jl} и $\tau_{2фон}$ – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, рассчитанные в соответствии с п. 10.3, СП 345.1325800.2017 «Здания жилые и общественные» [6].

3.3.7. Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания в течение всего отопительного периода определяется по формулам:

$$q = 0,024ГСОПq_{от}^p; \quad (3.17.)$$

$$q = 0,024ГСОПq_{от}^p h; \quad (3.18.)$$

где $q_{от}^p$ – то же, что в Г.1 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [5];

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

$A_{от}$ – сумма площадей этажей здания, измеренная в пределах внутренней поверхности наружных стен, m^2 , исключив площадь технических этажей и гаражей.

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период необходимо определять по формуле:

$$Q_{от}^{год} = 0,024ГСОПV_{от}q_{от}. \quad (3.19.)$$

3.4. Расчет общих теплопотерь здания за отопительный период

Общие теплопотери здания за отопительный период, положено определять по формуле:

$$Q_{от}^{год} = 0,024ГСОПV_{от}(k_{об} + k_{вент}). \quad (3.20.)$$

3.5. Тепловая нагрузка на ГВС

Нагрузка на ГВС будет обеспечиваться электробойлером.

Тепловая нагрузка на ГВС определялась в соответствии с СП 30.13330.2020 «Внутренний водопровод и канализация зданий» [7].

Мы должны определить среднечасовую нагрузку на горячее водоснабжение.

Расход тепла на приготовление горячей воды с учетом потерь тепла подающими и циркуляционными трубопроводами в течение часа определяется по формуле:

$$Q_T^h = 1,16q_t^h(t^h - t^c) + Q^{ht}, \quad (3.21.)$$

где q_t^h - средний часовой и максимальный часовой расходы горячей воды, м³/ч, определяемый по формуле:

$$q_t^h = \frac{\sum_1^i q_{u,i} U_i}{1000T}, \quad (3.22.)$$

где $q_{u,i}$ - общий расход воды потребителем в сутки наибольшего водопотребления (принимается по табл. А.2 СП 30.13330.2020 «Внутренний водопровод и канализация зданий»), л [7];

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

U_i - число водопотребления;

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

t^c - температура холодной воды, при отсутствии данных принимается 5 °С;

Q^{ht} - в зависимости от расположения ИТП, принято конструктивной схемы ГВС, 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%.

3.6. Результаты расчетов

Расчет мощности системы отопления, общих теплопотерь здания за отопительный период и тепловой нагрузки на ГВС показан в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов

Наименование параметра	Обозначение	Полученное значение
1 Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания	$q_{от}^p, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	0,19
2 Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	0,213
3 Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	0,124
4 Удельная характеристика внутренних теплопоступлений здания	$k_{быт}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	0,0752
5 Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	0,141
6 Коэффициент полезного действия использования теплопоступлений	$\beta_{кпд}$	0,66
7 Средняя плотность приточного воздуха за отопительный период	$\rho_{в}^{вент}, \text{кг}/\text{м}^3$	1,325
8 Количество инфильтрующегося воздуха в здании	$G_{инф}, \text{кг}/\text{ч}$	117,845
9 Отапливаемый объем здания	$V_{от}, \text{м}^3$	380,36
10 Площадь жилых помещений	$A_{ж}, \text{м}^2$	47
11 Сумма площадей этажей здания	$A_{от}, \text{м}^2$	140,875
12 Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период	$n_{в}, \text{ч}^{-1}$	0,39
13 Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{быт}, \text{Вт}/\text{м}^2$	16,2
14 Требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей	$R_{ц,ок}^{тр}, (\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$	0,16
15 Требуемое сопротивление воздухопроницанию входных дверей и ворот (раздельно)	$R_{ц,дв}^{тр}, (\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$	0,15
16 Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q, \text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$	28,3
16 Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q, \text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$	107
17 Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период	$Q_{от}^{год}, \text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{год})$	10749,85
18 Общие теплопотери здания за отопительный период	$Q_{общ}^{год}, \text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{год})$	19148,4
19 Расход тепла на ГВС	$Q_{Т}^h, \text{кВт} \cdot \text{ч}$	2,4

3.7. Расчёт отопительной нагрузки в помещениях

Результаты расчётов отопительной нагрузки в помещениях представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Расчёт отопительной нагрузки в помещениях

Наименование помещения	$t_{в},$ °C	Характеристик и помещения		$\Delta t,$ °C	$k,$ Вт/(м ² ·°C)	$Q_{но},$ Вт	$Q_{инф},$ Вт	$Q_{пот},$ Вт
		Обозн.	S					
Гардеробная	20	НС	0	57	0,25	231,762	306,883	538,645
		Но	0		1,56			
		Пл	7,6		0,26			
		Пт	7,6		0,275			
		ДН	0		1,33			
Спальня	20	НС	8,04	57	0,25	515,166	371,49	886,656
		Но	1,35		1,56			
		Пл	9,2		0,26			
		Пт	9,2		0,275			
		ДН	0		1,33			
Спальня	20	НС	23,25	57	0,2	925,965	557,235	1483,2
		Но	2,7		1,56			
		Пл	13,8		0,26			
		Пт	13,8		0,275			
		ДН	0		1,33			
Прихожая	20	НС	0	57	0,25	158,574	209,9726	368,5466
		Но	0		1,56			
		Пл	5,2		0,26			
		Пт	5,2		0,275			
		ДН	0		1,33			
Санузел	20	НС	8,28	57	0,25	361,95	323,0348	684,9848
		Но	0		1,56			
		Пл	8		0,26			
		Пт	8		0,275			
		ДН	0		1,33			
Коридор	20	НС	0	57	0,25	97,584	129,2139	226,7979
		Но	0		1,56			
		Пл	3,2		0,26			
		Пт	3,2		0,275			
		ДН	0		1,33			
Кухня	20	НС	8,67	57	0,25	469,2525	298,8072	768,0597
		Но	1,35		1,56			
		Пл	7,4		0,26			
		Пт	7,4		0,275			
		ДН	0		1,33			

Окончание таблицы 4

Наименование помещения	t _в , °С	Характеристик и помещения		Δt, °С	k, Вт/(м ² ·°С)	Q _{но} , Вт	Q _{инф} , Вт	Q _{пот} , Вт
		Обозн.	S					
Зал	20	НС	23,55	57	0,25	1241,945	670,2971	1912,242
		Но	4,5		1,56			
		Пл	16,6		0,26			
		Пт	16,6		0,275			
Тамбур	20	НС	7,6	57	0,25	716,832	484,5521	1201,384
		Но	0		1,56			
		Пл	12		0,26			
		Пт	12		0,275			
		ДН	3,2		1,33			
Зимний сад	20	НС	26,9	57	0,25	1244,025	484,5521	1728,577
		Но	4,2		1,56			
		Пл	12		0,26			
		Пт	12		0,275			
		ДН	1,6		1,33			
Гараж	20	НС	48	57	0,25	1993,404	1292,139	3285,543
		Но	0		1,56			
		Пл	32		0,26			
		Сб	32		0,275			
		ДН	4,4		1,33			

Расшифровка обозначений:

НС – наружные стены;

Но – окна;

Пл – пол;

Пт – чердачное перекрытие (потолок);

ДН – наружные двери.

4. Подбор отопительного оборудования

4.1. Выбор котла для отопления

По требованиям заказчика был выбран твердотопливный котел «Теплодар Куппер Эксперт 15» (2.0). Он производится на территории Российской Федерации. В связи с экономической ситуацией в нашей стране, в проекте выбрано решение использовать котел отечественного производителя. Он практически ничем не отличается от зарубежных и его цена значительно ниже.



Рисунок 5 – Твердотопливный котел «Теплодар Куппер Эксперт 15» (2.0)

В качестве основного топлива могут использоваться уголь, дрова, топливные брикеты, а также газ. Для поддержания температуры теплоносителя после прогорания топлива используется электрический ТЭН. В конструкции котла предусмотрена возможность сжигания пеллетов или установка газовой горелки. Период перевода котла на газ или пеллеты составляет до 30 минут.

Время горения на одной закладке угля - до 24 часов. Такая длительность достигнута благодаря объему топки, верхнему горению топлива в котле, развитому теплообменнику, а также трехзонной подаче воздуха.

Котел работает на давлении системы отопления до 3 атм и имеет дополнительный запас прочности, поэтому не выйдет из строя от скачков давления в системе отопления.

Агрегат выполнен из высокопрочной стали и теплоизолирован снаружи, что уменьшает теплопотери и исключает ожоги при прикосновении.

Разные режимы работы для разных задач: от быстрого нагрева системы до режима длительного верхнего горения:

1. Режим «Быстрый прогрев» – за короткий период времени (от 30 минут) и при минимальном объеме топлива достигается оптимальная температура;
2. Режим «Классик» – качественный прогрев помещения с возможностью регулировки интенсивности горения. Средняя продолжительность такого режима – 4 часа;
3. Режим «Медиум» – увеличенная продолжительность горения до 6 часов.
4. Режим «Максимум» – полная загрузка топливного бункера и продолжительность такого горения на одной закладке угля - до 24 часов.
5. На режиме «Максимум» горение происходит сверху вниз по объему топлива (подовое горение), что дает более равномерную и длительную отдачу тепла.

Благодаря наклонной дверце сверху загружать твердое топливо очень удобно, а съемный лоток из нержавеющей стали защищает дверцу от перегрева и снижает риск случайного просыпания топлива.

Для удобства обслуживания в конструкции котла предусмотрены 2 люка для прочистки. Верхний люк оборудован съемным защитным экраном из нержавеющей стали, который защитит люк от прогорания. Для вывода конденсата с поверхности котла предусмотрен удобный конденсатоотводчик.

Технические характеристики:

Материал: Конструкционная сталь

Масса котла, кг: 160

Тип топлива: Газ, Дрова, Топливные брикеты, Уголь, Электричество

Длительное горение: Да

Высота, мм: 960

Ширина, мм: 513

Глубина, мм: 805

Диаметр дымохода, мм: 150

Мощность, кВт: 15

Объем воды, л.: 68

Объем топки, л: 35

Рабочее давление, атм: 3

Страна: Россия

Преимущества котла:

- 4 режима горения (верхнее горение на режиме "Максимум");
- Длительное горение до 24 часов благодаря большому объему топки, развитому теплообменнику и многозонной подаче воздуха;
- Объем загрузочной шахты - 35 литров;
- Корпус котла изготовлен из высококачественной конструкционной стали толщиной 3 мм;
- Удобная загрузка топлива и очистка котла;
- Компактные размеры
- Возможность перевода котла на газ или пеллеты.

Также хочется отметить одно из преимуществ данного котла, а именно, переход котла на газ. Установив газовую горелку в котел, можно легко перевести его на газ.

В будущем вблизи Красноярска планируют построить завод сжиженного природного газа и провести газовый трубопровод в Красноярск.

На участке жилого дома предусмотрено место для установки газгольдера.

4.2. Выбор электробойлера

По расчетам, нагрузка на ГВС составила 2,4 кВт·ч. Для покрытия нагрузки на ГВС и комфортного пользования в пиковое время, был выбран водонагреватель накопительный THERMEX COMBI ER 80 V, объемом 80 литров.

Водонагреватель российского производства, завод-производитель находится в Ленинградской области.

Основные характеристики:

Марка: THERMEX

Способ нагрева: Комбинированный

Материал бака: Нержавеющая сталь

Размещение: Вертикально

Мощность ТЭНа (кВт): 1,5

Максимальная мощность теплоносителя: 14,6 кВт

Объем (л): 80

Максимально температура нагрева (°C): 75

Высота (мм): 854

Ширина (мм): 500

Глубина (мм): 562



Рисунок 6 – Водонагреватель накопительный Thermex Combi ER 80 V

4.3. Выбор электрогенератора

На случай отключения электроэнергии по желанию заказчика был выбран электрогенератор.

Был выбран дизельный генератор СПЕЦ SD-6700E4.



Рисунок 7 - Дизельный генератор СПЕЦ SD-6700E4

Основные характеристики:

Вес нетто: 105 кг

Габариты без упаковки: 720x505x675 мм

Напряжение: 220 В

Мах мощность: 5,7 кВт

Емкость топливного бака: 15 л

Модель двигателя: Lifan C188FD

Вид топлива: дизель

Объем масляного бака: 1,65 л

Мощность максимальная при 220 В: 5,7 кВт

Мах ток: 25 А

Номинальный ток: 23 А

Объем двигателя: 456 см³

Мощность двигателя: 10 л.с

Число оборотов: 3600 об/мин

Расход топлива: 1.7 л/ч

Уровень шума: 80 дБ

Тип двигателя: 4-х тактный

5. Гидравлика

5.1. Гидравлический расчет

Гидравлический расчет я проводила в программе Danfoss C.O. данная программа позволяет осуществить подбор необходимого отопительного оборудования, рассчитать диаметры запорной арматуры. Производит расчет как двухтрубной, так и однострубно́й системы отопления. В данной программе была построена система отопления в развернутой плоскости, также было расставлено необходимое оборудование для того, чтобы система смогла посчитать необходимые значения.

Также были построены аксонометрическая и периметральная схемы теплоснабжения, они изображены на рисунках 8 и 9.

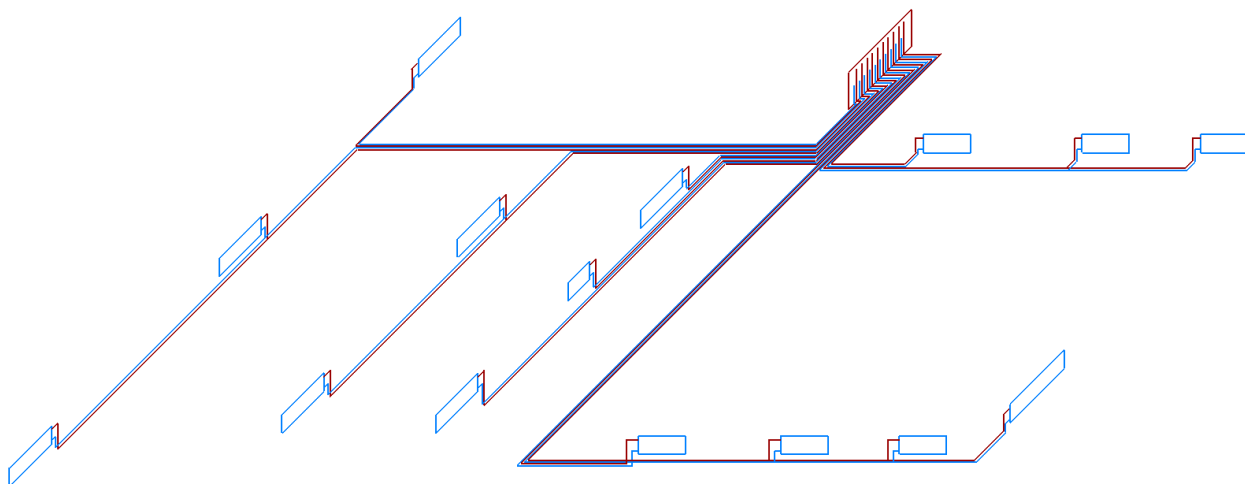


Рисунок 8 – Аксонометрическая проекция

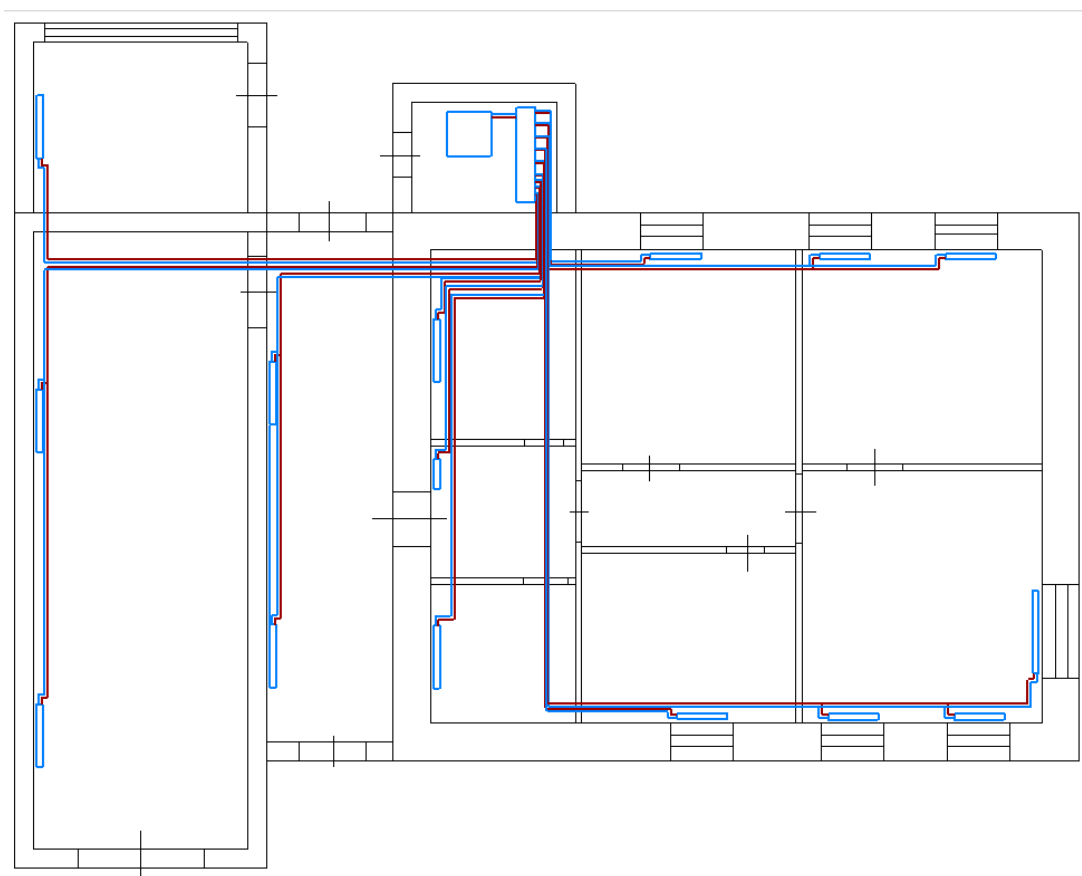


Рисунок 9 – Периметральная схема теплоснабжения

Система отопления в развернутой плоскости представлена на рисунках 10, 11 и 12.

Результаты расчетов в программе Danfoss C.O. представлены в таблице 5.

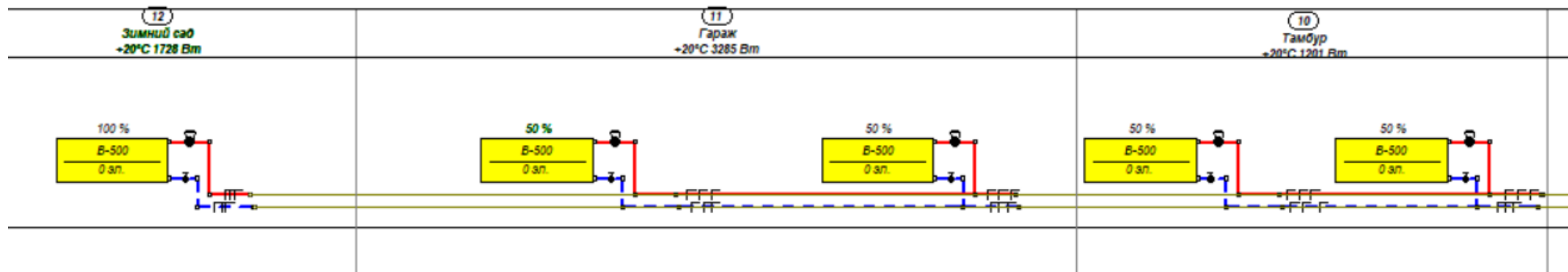


Рисунок 10 – Система отопления в развернутой плоскости

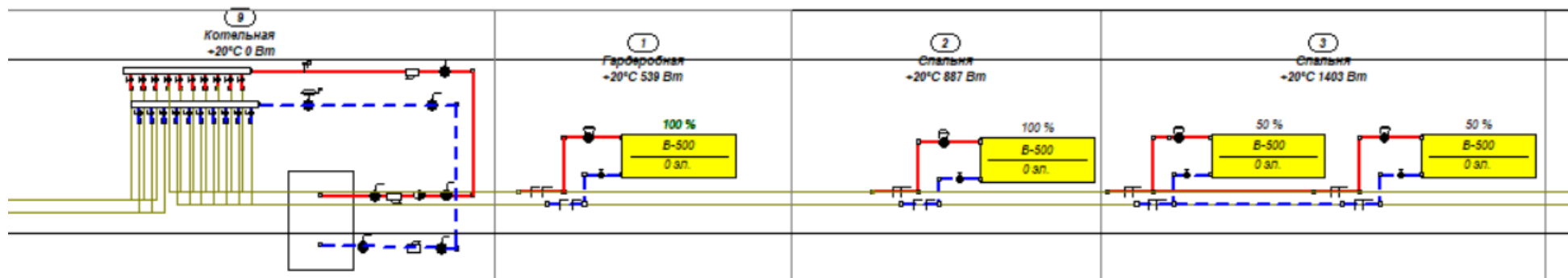


Рисунок 11 – Система отопления в развернутой плоскости

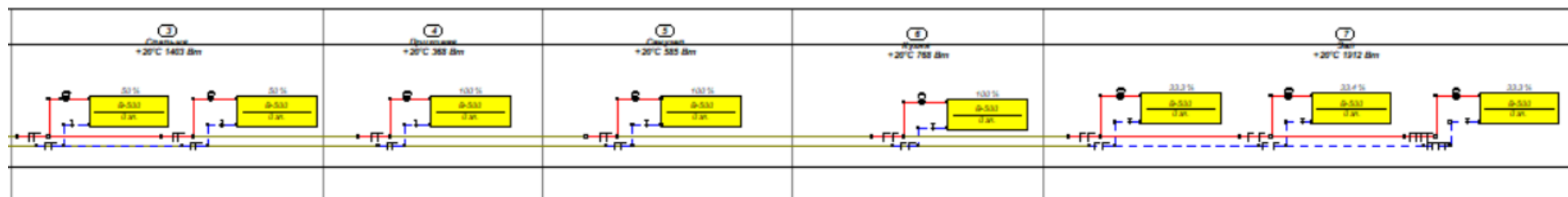


Рисунок 12 – Система отопления в развернутой плоскости

Таблица 5 – Итоги гидравлического расчета

Наименование помещения	Номер помещения	$L, м$	$d_n, мм$	$Q, Вт$	$G, кг/с$	$w, м/с$	$\Delta P, Па$
Гардеробная	1	2,75	16	539	0,003	0,026	6
		0,7	16	539	0,003	0,026	1
		0,3	16	539	0,003	0,026	3865
		0,3	16	539	0,003	0,025	56
		0,7	16	539	0,003	0,025	2
		2,5	16	539	0,003	0,025	8
Спальня	2	2,75	16	887	0,004	0,042	11
		0,7	16	887	0,004	0,042	2
		0,3	16	887	0,004	0,042	3820
		0,3	16	887	0,004	0,41	97
		0,7	16	887	0,004	0,041	3
		2,5	16	887	0,004	0,041	14
Спальня	3	6,45	16	1403	0,007	0,067	47
		1,95	16	702	0,003	0,033	4
		5	16	702	0,003	0,033	12
		0,7	16	702	0,003	0,033	2
		0,3	16	702	0,003	0,033	3761
		0,3	16	702	0,003	0,032	94
		0,7	16	702	0,003	0,032	3
		5	16	702	0,003	0,032	19
		2,05	16	702	0,003	0,032	7
		6,2	16	1403	0,007	0,064	49
		0,7	16	702	0,003	0,033	2
		0,09	16	702	0,003	0,033	0
		0,21	16	702	0,003	0,033	3801
		0,17	16	702	0,003	0,032	95
		0,7	16	702	0,003	0,032	3
Прихожая	4	3,45	16	368	0,003	0,028	7
		0,7	16	368	0,003	0,027	1
		0,3	16	368	0,003	0,027	3857
		0,3	16	368	0,003	0,027	65
		0,7	16	368	0,003	0,027	2
		3,2	16	368	0,003	0,027	10
Санузел	5	5,45	16	585	0,003	0,028	10
		0,7	16	585	0,003	0,028	1
		0,3	16	585	0,003	0,028	3867
		0,3	16	585	0,003	0,027	66
		0,7	16	585	0,003	0,027	2
		5,4	16	585	0,003	0,027	16
Кухня	6	3,45	16	768	0,004	0,037	10
		0,7	16	768	0,004	0,036	2
		0,3	16	768	0,004	0,036	3850
		0,3	16	768	0,004	0,035	73
		0,7	16	768	0,004	0,035	3
		3,2	16	768	0,004	0,035	14

Продолжение таблицы 5

Наименование помещения	Номер помещения	$L, м$	$d_n, мм$	$Q, Вт$	$G, кг/с$	$w, м/с$	$\Delta P, Па$
Зал	7	2,45	16	1912	0,009	0,091	51
		2,4	16	1275	0,006	0,061	11
		1	16	1275	0,006	0,061	10
		2,3	16	637	0,003	0,03	4
		1	16	637	0,003	0,03	5
		0,7	16	637	0,003	0,03	1
		0,3	16	637	0,003	0,03	3730
		0,3	16	637	0,003	0,029	78
		0,7	16	637	0,003	0,029	2
		1	16	637	0,003	0,029	6
		2,4	16	637	0,003	0,029	8
		1	16	1275	0,006	0,058	11
		2,5	16	1275	0,006	0,058	16
		2,2	16	1912	0,009	0,88	36
		0,7	16	639	0,003	0,03	2
		0,3	16	639	0,003	0,3	3737
		0,3	16	639	0,003	0,29	79
		0,7	16	639	0,003	0,29	2
		0,7	16	637	0,003	0,03	2
		0,3	16	637	0,003	0,03	3790
0,3	16	637	0,003	0,029	279		
0,7	16	637	0,003	0,029	2		
Тамбур	8	3,55	16	1201	0,006	0,057	22
		2,6	16	601	0,003	0,029	6
		1	16	601	0,003	0,028	2
		0,7	16	601	0,003	0,028	1
		0,3	16	601	0,003	0,028	4062
		0,3	16	601	0,003	0,028	70
		0,7	16	601	0,003	0,028	2
		1	16	601	0,003	0,028	3
		2,4	16	601	0,003	0,028	9
		3,3	16	1201	0,006	0,055	27
		0,7	16	601	0,003	0,029	2
		0,3	16	601	0,003	0,029	4088
		0,3	16	601	0,003	0,028	70
		0,7	16	601	0,003	0,028	2
Гараж	9	1,85	20	12886	0,061	0,399	5726
		1,49	20	12886	0,061	0,398	231
		2,7	20	12886	0,061	0,398	5564
		6,55	16	3285	0,016	0,157	299
		3,7	16	1643	0,008	0,078	51
		7	16	1643	0,008	0,078	67
		0,7	16	1643	0,008	0,078	7
		0,3	16	1643	0,008	0,078	3021

Окончание таблицы 5

Наименование помещения	Номер помещения	$L, м$	$d_n, мм$	$Q, Вт$	$G, кг/с$	$w, м/с$	$P, Па$
Гараж	9	7	16	1643	0,008	0,075	53
		3,5	16	1643	0,008	0,075	41
		6,3	16	3285	0,016	0,151	309
		2,4	20	12886	0,061	0,384	2379
		1,74	20	12886	0,061	0,384	284
		1,65	20	12886	0,061	0,384	5052
		0,7	16	1643	0,008	0,078	11
		0,3	16	1643	0,008	0,078	3228
		0,3	16	1643	0,008	0,078	50
		0,7	16	1643	0,008	0,078	8
		7	16	1643	0,008	0,075	53
		3,5	16	1643	0,008	0,075	41
Зимний сад	10	3,55	16	1728	0,008	0,082	59
		0,7	16	1728	0,008	0,082	9
		0,3	16	1728	0,008	0,082	4007
		0,3	16	1728	0,008	0,082	94
		0,7	16	1728	0,008	0,082	6
		3,3	16	1728	0,008	0,082	43

5.2. Выбор отопительного прибора

Изучив все разновидности отопительных приборов, я становилась на алюминиевом радиаторе Rifar Alum 500. У данного радиатора достаточно высокая теплоотдача. Легкие и компактные алюминиевые секции быстро нагреваются и обладают высокой тепловой эффективностью.

Rifar Alum 500 производится в России. Уральская компания «Rifar» с 2002 года является крупнейшим предприятием в России и Восточной Европе по производству алюминиевых и биметаллических нагревательных приборов. Заводской комплекс предприятия расположен в городе Гай Оренбургской области, а головной офис компании находится в Москве.



Рисунок 13 – Алюминиевый радиатор Rifar Alum 500

«Обладая высокими теплотехническими характеристиками, этот радиатор имеет дополнительные конструктивные преимущества. Геометрия вертикального канала обеспечивает высокое рабочее давление до 20 атм и низкое гидравлическое сопротивление движения теплоносителя, а также уменьшение образования отложений на внутренних стенках каналов и коллекторов. В качестве теплоносителя в этих радиаторах могут быть использованы антифризы для систем отопления в соответствии с инструкцией их производителя по применению и обращению» [9].

Основные характеристики:

Тип подводки: Боковой

Межосевое расстояние (мм): 500

Высота (мм): 565

Ширина (мм): 81

Номинальный тепловой поток (Вт): 186

Рабочее давление (бар): 20

Максимальное давление (бар): 30

Вес, кг: 1,42

Страна производства: Россия

Основной материал: Алюминий

Объем (л): 0,27

5.3. Выбор труб

Из множества труб я выбрала трубу полипропиленовую Политэк армированную стекловолокном. Производят в России. Трубы обладают стойкостью к коррозии, зарастанию сечения и разрушительному воздействию воды, также полной герметичностью соединений, и высоким сроком эксплуатации не менее 50 лет. Также имеют доступную цену.



Рисунок 14 – Полипропиленовая труба Политэк

5.4 Выбор насоса

В программе Danfoss был произведен гидравлический расчет, и по этим данным выбран насос на сайте Grundfos. Этот сайт удобен тем, что в нем можно легко подобрать насосное оборудование, так же показаны подробные характеристики насоса и график с рабочей точкой. Установив посчитанные значения, я выбрала насос ALPHA2 25-40 130.



Рисунок 15 – Насос ALPHA2 25-40 130

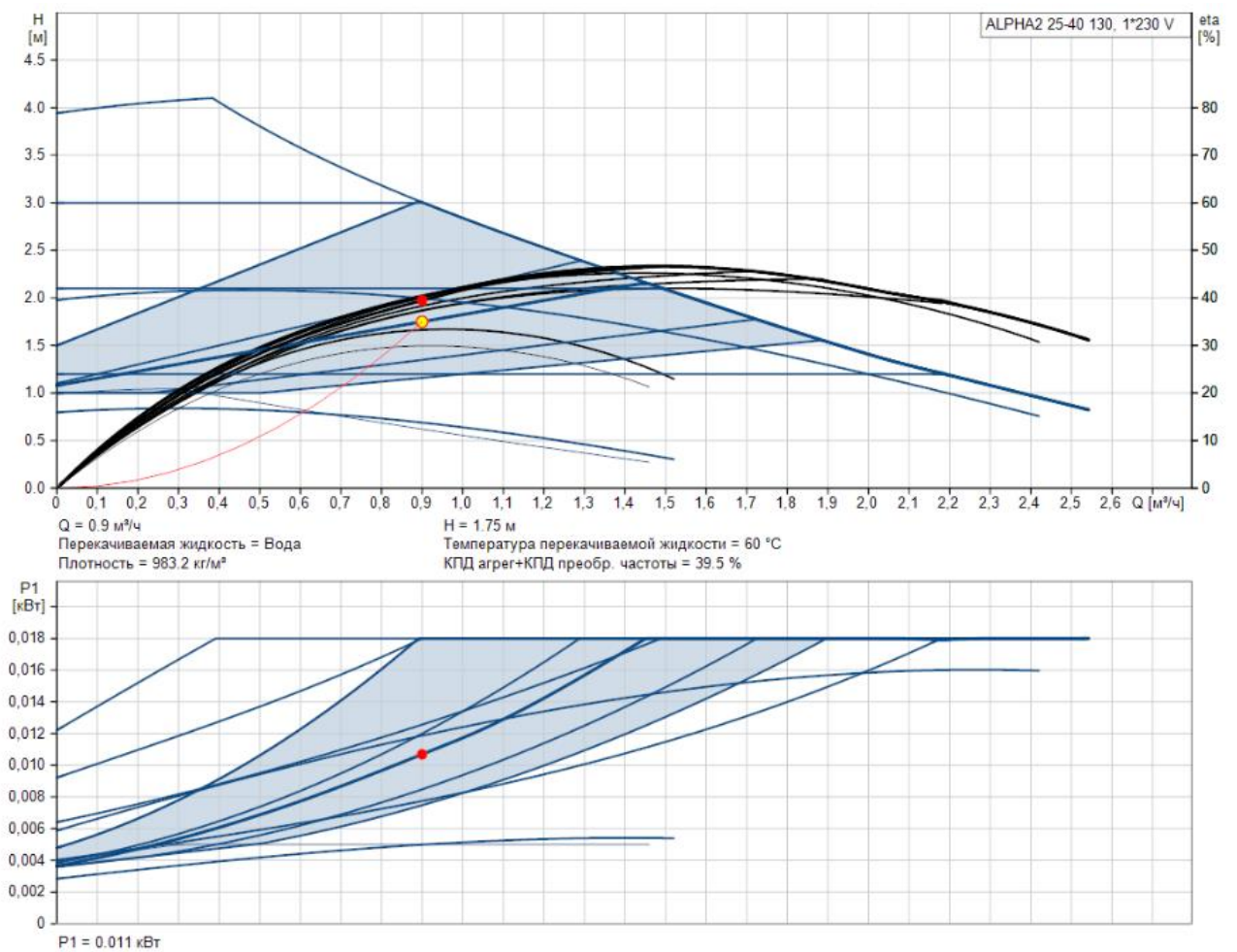


Рисунок 16 – Рабочая точка насоса

5.5. Выбор расширительного бака

Мембранный расширительный бак предназначен для компенсации теплового расширения воды в системе отопления.

Для расчета рабочего объема мембранного расширительного бака необходимо определить суммарный объем системы отопления.

Объем расширительного бака:

$$V = \frac{V_0 \cdot E}{D}, \quad (5.1.)$$

где V_0 – суммарный объем системы (котел, радиаторы, трубы), л.

$$V_{\text{котл}} = 0,068 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{рад}} = 0,013 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{тр}} = \frac{(\pi \cdot d^2 \cdot l)}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,025^2 \cdot 140,1}{4} = 0,068 \text{ м}^3 .$$

$$V_0 = 0,068 + 0,013 + 0,068 = 0,149 \text{ м}^3 = 149 \text{ л};$$

E – коэффициент расширения жидкости, %. Для водяных систем с максимальной температурой 90 °С равен 4%;

D – эффективность мембранного расширительного бака. Определяется по формуле:

$$D = \frac{PV - PS}{PS + 1}, \quad (5.2.)$$

где PV – максимальное рабочее давление системы отопления, для коттеджей равно 2,5 бар;

PS – давление зарядки мембранного расширительного бака, равно статическому давлению системы отопления, $PS = 0,5$ бар.

Рассчитав объем расширительного бака, получилось значение, равное 11,4 л. Поэтому был выбран расширительный бак на отопление Stout STH-0004-000012, 12 л.



Рисунок 17 – Расширительный бак на отопление Stout STH-0004-000012

5.6. Выбор арматуры

В качестве запорного клапана для радиатора был выбран запорный клапан RLV-П-N. Также выбран клапан радиаторных терморегуляторов Danfoss RA-N UK. От компании Danfoss выбран регулятор перепада давлений ASV-PV 25, шаровой кран X2777, клапан обратный 601. Далее выбран фильтр сетчатый Y666. И также была выбрана коллекторная группа на 10 отводов SSM-10 (088U0980).

6. Экономический расчет

Смета расходов всего оборудования системы отопления с индивидуальной котельной жилого дома на твердотопливном котле представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Стоимость оборудования

Наименование оборудования	Количество, шт.	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Котёл твердотопливный «Теплодар Куппер Эксперт 15» (2.0)	1	69970	69970
Радиатор Rifar Alum 500, кол-во секций	67	1168	78256
Трубы	218	79	17222
Насос	1	20600	20600
Расширительный бак	1	1932	1932
Водонагреватель накопительный Thermex Combi ER 80 V	1	33990	33990
Клапан терморегулятора угловой RA-N UK	15	2009	30135
Запорный клапан RLV-II-N	15	1442	21630
Балансировочный клапан ASV-PV 25	1	24858	24858
Кран шаровой X2777	6	4975	29850
Фильтр сетчатый Y666	3	11285	33855
Клапан обратный 601	1	1125	1125
Коллекторная группа SSM-10 (088U0980) на 10 отводов	1	33574	44574
Дизельный генератор СПЕЦ SD-6700E4	1	75327	75327
Итого			483324

Заключение

В результате бакалаврской работе была разработана система отопления частного дома. В частности был проведен тепловой расчет нагрузки здания, а именно:

- теплотехнический расчет ограждающих конструкций;
- расчет системы мощности отопления;
- расчет общих теплопотерь здания за отопительный период;
- расчет тепловой нагрузки на ГВС;
- расчет отопительной нагрузки в помещениях.

А также был произведен подбор отопительного оборудования:

Твердотопливный котел «Теплодар Куппер Эксперт 15» (2.0) и электроводонагреватель накопительный Thermex Double.

Далее производился гидравлический расчет в программе Danfoss C.O. и подобраны:

1. Алюминиевый радиатор Rifar Alum 500;
2. Труба полипропиленовая Политэк армированная стекловолокном;
3. Насос ALPHA2 25-40 130;
4. Расширительный бак на отопление Stout STH-0004-000012.

И в конце рассчитана себестоимость всего оборудования.

Список использованных источников

1. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*/ Минстрой России. – М.: Стандартинформ, 2019. 107 с.
2. СП.60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха/ Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003/ Минстрой России – М.: НИИСФ РААСН, 2020 г. – 150 с.
3. Инженерные системы – 2022 / Ин сервис 47. URL: <https://in-service47.com>.
4. Портал о строительных коммуникациях / Ремонт систем – 2023. URL: <https://remont-system.ru>.
5. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003*/ Минстроя России. – М.: Стандартинформ, 2012. 101 с.
6. СП 345.1325800.2017 Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты. / Минстроя России. – М.: Стандартинформ, 2017. 45 с.
7. СП 30.13330.2020 Внутренний водопровод и канализация зданий СНиП 2.04.01-85*/ Минстроя России. – М.: Стандартинформ, 2021. 96 с.
8. Danfoss – официальный сайт. – Норборге, 1993. URL: <https://www.danfoss.com>.
9. Rifar – Производство радиаторов отопления – официальные сайт Россия, Оренбургская область, г. Гай, 2023. – URL: <https://rifar.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

В. А. Кулагин

инициалы, фамилия

подпись

« 30 »

июня 2023г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.01. Теплоэнергетика и теплотехника

код и наименование направления.

Проект теплоснабжения жилого дома в поселке Суворовский
г. Красноярск

тема

Руководитель

А.А. Яковенко
23.06.23
подпись, дата

ст. препод. каф. ТТиГТД
должность, ученая степень

А.А. Яковенко
инициалы, фамилия

Выпускник

Т.С. Родионова
21.06.23
подпись, дата

Т.С. Родионова
инициалы, фамилия

Красноярск 2023