

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 системы отопления индивидуального коттеджа в поселке

Шамони города Красноярск

наименование темы

Руководитель

\_\_\_\_\_

подпись, дата

ст. преп. каф. ТТиГД

\_\_\_\_\_

должность, ученая степень

А.А. Яковенко

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

Выпускник

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А.В. Шохин

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

Красноярск 2024

**Реферат**

Выпускная квалификационная работа по теме «Проект системы отопления жилого коттеджа в поселке Шамони г. Красноярска» содержит 43 страницы текстового документа, 12 иллюстраций, 6 таблиц, 8 использованных источников.

Ключевые слова: Частный дом, система отопления, ГВС.

Объектом квалификационной работы является частный дом, площадью 98,635 м<sup>2</sup>.

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.

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1.Климатическая характеристика района .....	6
2. Классификация систем отопления .....	8
2.1. Технологическая схема соединения радиаторов .....	8
2.2 Виды теплоносителя .....	9
3. Расчет теплоизоляционных нагрузок здания .....	10
3.1 Расчёт градусов-суток отопительного периода (ГСОП).....	10
3.2 Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций .....	10
3.2.2 Расчёт теплозащитных свойств чердачного перекрытия.....	12
3.2.3 Расчёт теплозащитных свойств оконных проёмов .....	13
3.2.4 Расчёт теплозащитных свойств дверных проёмов.....	14
3.2.5 Расчёт теплозащитных свойств полов по грунту.....	15
3.3. Расчет мощности системы отопления.....	16
3.3.1. Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии .....	16
3.3.2. Расчет удельной вентиляционной характеристики .....	17
3.3.3. Расчет кратности воздухообмена здания за отопительный период.....	18
3.3.4. Расчет количества инфильтрующегося воздуха.....	18
3.3.5. Расчет удельной характеристики бытовых тепловыделений.....	19
3.3.6. Расчет удельной характеристики теплопоступлений от солнечной радиации.....	20
3.3.7. Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания.....	21
3.4. Расчет общих теплопотерь здания за отопительный период .....	21
3.5. Тепловая расчет нагрузок на ГВС .....	21
3.6. Результаты расчетов .....	22
3.7. Расчёт отопительной нагрузки в помещениях .....	24
4. Выбор отопительного оборудования .....	25
4.1. Выбор котла для отопления .....	25

4.2. Выбор водонагревателя .....	29
5. Гидравлика .....	31
5.1. Гидравлический расчет.....	31
5.2 Выбор насоса .....	33
5.3 Выбор радиаторов .....	34
5.4 Выбор труб.....	36
5.5. Расширительный бак.....	38
6. Экономический расчет.....	40
Заключение .....	42
Список использованных источников .....	43

## ВВЕДЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе представлен вариант теплоснабжения частного дома. Частный дом находится в поселке Шамони в городе Красноярск. Поэтому расчет всех нагрузок здания должен будет проводиться с учетом климатических условий данного региона, согласно всем нормативным документам.

За основу дипломной работы было выбрано котельное оборудование отечественной марки, как одни из самых перспективных источников индивидуального теплоснабжения.

В данном случае источник тепла будет находиться в самом доме, что существенно снизит потери и освободит от сооружения теплотрасс. Коттеджные дома в основном не подключены с системы центрального теплоснабжения. Поэтому, главная задача инженера при проектировании индивидуальной системы отопления, это максимально возможная автоматизация процессов теплоснабжения и сведение к минимуму участие человека в "жизни" собственного котла.

Отсюда следует, что целью данного проекта является решение проблемы отопления, т.е. обеспечение комфорта, экономии топлива и т.д.

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



Рисунок 1 – Жилой дом

## 1. Климатическая характеристика района

Местоположение дома – г. Красноярск.

Район расположения жилого дома, в соответствии с СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» 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 <sup>2</sup>	Площадь стен, м <sup>2</sup>	Площадь окон, м <sup>2</sup>	Площадь дверей выходящих на улицу, м <sup>2</sup>	Минимально допустимая температура воздуха, °С
Гардеробная	7	0	0	0	20
Спальня 1	10,1	7,95	1,42	0	20
Спальня 2	14,3	25,75	3,1	0	20
Прихожая	6,1	0	0	0	20
Санузел	9	8,4	0	0	20
Коридор	4,3	0	0	0	20
Кухня	9,5	7,44	1,4	0	20
Зал	19,2	21,37	5,5	0	20
Котельная	6,135	20,8	0	1,5	20
Тамбур	13	7,9	0	3	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. Классификация систем отопления**

### **2.1. Технологическая схема соединения радиаторов**

Исходя из проведенного анализа различных методов распределения труб к радиаторам, было принято решение о выборе двухтрубной схемы подключения.

Подключение радиаторов отопления в однотрубной схеме, где подача и обратка теплоносителя осуществляются через одну трубу, предполагает, что радиаторы последовательно соединены друг с другом, создавая последовательное движение теплоносителя. При этом стоит отметить, что хотя однотрубная система проявляет свою экономичность по материалам и удобство в установке, она может не быть настолько эффективной в равномерном распределении тепла по радиаторам.

А, в двухтрубной схеме подключения радиаторов, где горячая вода поступает, и охлажденная вода отводится через две отдельные трубы, обеспечивается равномерное распределение тепла по радиаторам и возможность регулирования температуры отдельных секций радиаторов. [8];

Преимущества двухтрубной схемы подключения радиаторов:

1. Равномерное распределение тепла
2. Меньший риск перегрева
3. Возможность установки автоматики
4. Удобство обслуживания
5. Большая гибкость при балансировке системы

Кроме того, было принято решение о применении тупиковой схемы направления движения теплоносителя.

В рамках тупиковой двухтрубной системы, каждый радиатор подключается к подающей и отводящей трубе, что обеспечивает равномерное распределение тепла между радиаторами. Это решает проблему понижения теплоотдачи за счет индивидуального отвода остывшего теплоносителя. Кроме того, такая схема позволяет устанавливать автоматику для

регулирования температуры, включая термостатические клапаны с термоголовками, что способствует созданию комфортного тепла в помещении.

Преимущества тупиковой схемы отопления:

1. Тупиковая схема позволяет сократить затраты на материалы и работу при проведении отопительных работ, так как не требует дополнительных труб для каждого радиатора.

2. Установка тупиковой системы отопления более проста и быстра в сравнении с другими схемами, что может сэкономить время и усилия.

3. Из-за меньшего количества труб и соединений вероятность возникновения утечек в системе уменьшается. [3]

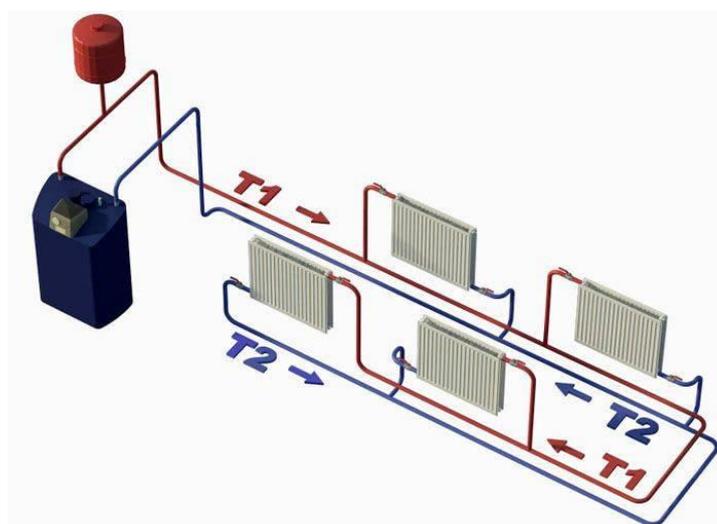


Рисунок 3 – Тупиковая схема движения теплоносителя

## 2.2 Виды теплоносителя

При выборе оптимального типа теплоносителя для радиаторов отопления частного дома следует учитывать климатические условия, конструктивные особенности системы, наличие автоматических устройств регулирования температуры и другие факторы. Важно учесть все эти аспекты при принятии решения о наилучшем варианте теплоносителя для вашего дома.

Исходя из проведенного анализа различных видов теплоносителей, нами было принято решение о выборе воды в качестве самого практичного и бюджетного варианта для радиаторов отопления в частном доме.

### 3. Расчет теплоизоляционных нагрузок здания

#### 3.1 Расчёт градусо-суток отопительного периода (ГСОП)

Минимальные значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий берём в соответствии с показателем, называемым градусо-сутками отопительного периода ( $D_d$ ), рассчитываемым по формуле рассчитываемым по формуле из СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [4]:

$$D_d = (t_B - t_{от.п.}) \cdot z_{от.п.}$$

$t_B$  – расчётная температура воздуха в помещении, °С;

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

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

$$D_d = (20 + 6,6) \cdot 234 = 6224,4 \quad (3.1.1)$$

Из данного расчета мы видим, что для всех помещений ГСОП равен 6224,4 °С·сут.

#### 3.2 Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций

##### 3.2.1 Расчёт конструкции наружных ограждений

При строительстве теплого дома в первую очередь следует учитывать особенности климата той местности, где планируется возведение здания. В соответствии с этим выбирают форму дома и его планировку, строительные материалы, приемлемые конструкции и необходимую теплозащиту. Однако, даже при стремлении к созданию оригинальной архитектурной концепции, важно помнить, что уют, тепло и сухость в доме, остаются важнейшими требованиями, которые должны быть обеспечены в большинстве случаев.

Среди различных вариантов наружных ограждений, которые являются приемлемыми и эффективными в условиях города Красноярска, принимаем следующую конструкцию наружных стен:

1 – Наружная штукатурка. Цементно-песчаный раствор

$$\delta_1 = 0,016 \text{ м,}$$

$$\lambda_1 = 0,73 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

2 – Теплоизоляционный материал. Базальтовая плита

$$\lambda_2 = 0,08 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

3 – Кладка из сплошного керамического кирпича

$$\delta_3 = 0,65 \text{ м},$$

$$\lambda_3 = 0,8 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

4 – Внутренняя штукатурка (цементно-песчаный раствор)

$$\delta_4 = 0,01 \text{ м},$$

$$\lambda_4 = 0,73 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

По градус-суткам отопительного периода равный  $D_d = 6224,4 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$ , который отличается от табличных, мы будем определять требуемое значение сопротивления теплопередаче стены, используя следующие вводные данные:

$$R_{\text{req}} = D_d \cdot a + b \quad (3.2.1.1.)$$

где  $a, b$  – коэффициенты, значения которых были взяты из таблицы 3 из СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [4].

Принимаем значение  $a = 0,00035$ ; значение  $b = 1,4$ .

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

Согласно следующей представленной формуле, мы можем рассчитать требуемое термическое сопротивление теплопередаче, применяя следующие входные данные:

$$R_{\text{req}} = \frac{1}{a_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{a_{\text{н}}} \quad (3.2.1.2.)$$

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

Принимаем:

$$a_{\text{н}} = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C} [4].$$

$a_{\text{в}}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций,  $\text{Вт/(м} \cdot \text{°C)} [4].$

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

$$R_{\text{req}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,016}{0,73} + \frac{\delta_2}{0,08} + \frac{0,65}{0,8} + \frac{0,01}{0,73} + \frac{1}{23} = 3,57854$$

Откуда  $\delta_2 = 0,205$  м

Согласно указанному значению, мы выбираем ближайшую толщину базальтовой плиты из ассортимента. Толщина используемого утеплителя составляет 0,25 метра.

Согласно указанной формуле (3.2.1.2.), мы определяем фактическое термическое сопротивление теплопередаче наружной стены, используя указанное уравнение:

$$R_{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,016}{0,73} + \frac{0,25}{0,08} + \frac{0,65}{0,8} + \frac{0,01}{0,73} + \frac{1}{23} = 4,13 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

$R_{\phi} \geq R_{req}$  – условие выполнено. Таким образом, мы можем заключить, что выбор строительных материалов для наружной стены был обоснованным и соответствует требованиям.

По предложенной формуле мы вычислим коэффициент теплопередачи через наружные стены, учитывая указанные параметры:

$$k_{ст} = \frac{1}{R_{\phi}} \quad (3.2.1.3.)$$

$$k_{ст} = \frac{1}{4,026} = 0,24 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

### 3.2.2 Расчёт теплозащитных свойств чердачного перекрытия

1 – еловые доски

$$\delta_1 = 0,05 \text{ м,}$$

$$\lambda_1 = 0,11 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C);}$$

2 – теплоизоляционный материал (фасадный пенопласт)

$$\lambda_2 = 0,047 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C).}$$

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

По градус-суткам отопительного периода равный  $D_d = 6224,4 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$ , который отличается от табличных, мы будем определять требуемое значение сопротивления теплопередаче стены, используя формулу (3.2.1.1.).

Принимаем

Значение  $a = 0,00035$ ; значение  $b = 1,4$  по данным таблицы 3 [4].

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

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче по формуле (3.2.1.2.) равно:

$$R_{req} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,11} + \frac{\delta_2}{0,047} + \frac{1}{23} = 3,57854 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Откуда  $\delta_2 = 0,139 \text{ м}$

С учетом этого, выбираем ближайшую толщину листа фасадного пенопласта в соответствии с ГОСТ 15588-14, что приведет к использованию утеплителя толщиной 0,15 метра.

По формуле (3.2.1.2.) находим фактическое термическое сопротивление теплопередаче наружной стены:

$$R_{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,11} + \frac{0,15}{0,047} + \frac{1}{23} = 3,804 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

$R_{\phi} \geq R_{req}$  – условие выполнено. Таким образом, мы можем заключить, что выбор строительных материалов для чердачного перекрытия был обоснованным и соответствует требованиям.

По формуле (3.2.1.3.) мы вычислим коэффициент теплопередачи, учитывая указанные параметры:

$$k_{п} = \frac{1}{3,804} = 0,262 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

### 3.2.3 Расчёт теплозащитных свойств оконных проёмов

По градус-суткам отопительного периода равный  $D_d=6224,4 \text{ °C}\cdot\text{сут.}$ , который отличается от табличных, мы будем определять требуемое значение сопротивления теплопередаче стены, используя формулу (3.2.1.1.).

Принимаем

Значение  $a = 0,00035$ ; значение  $b = 1,4$  по данным таблицы 3 [4].

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

Выбираем конструкцию окна с сопротивлением теплопередаче большим или равным требуемого.

Согласно требованиям СП23-101-2004, устанавливаем такой тип заполнения оконного проема: стекла и двухкамерный стеклопакет с отдельными переплетами [4].

$$R_0 = 0,68 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Пользуясь следующей формулой, определим коэффициент теплопередачи через оконные проемы:

$$k_{с.п.} = \frac{1}{R_0} - k_{ст} \quad (3.2.3.1.)$$

$$k_{с.п.} = \frac{1}{0,68} - 0,24 = 1,23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$$

### 3.2.4 Расчёт теплозащитных свойств дверных проёмов

Согласно санитарно-гигиеническим нормам, требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций (за исключением оконных), определяется по данной формуле. [4]:

$$R_{req} = \frac{n \cdot (t_B - t_H)}{\Delta t_H \cdot a_B} \quad (3.2.4.1.)$$

$n$  - поправочный коэффициент к расчетной разнице температур. Для наружных стен по данным [4], принимаем  $n=1$ ;

$\Delta t_H$  - расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки;

$t_B$  - расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

$\Delta t_H$  - нормируемый перепад между температурами воздуха в помещении и внутренней поверхности ограждения, °С, принимаемый по нормам проектирования жилых зданий, для расчета наружных ограждений по данным [4], принимаем  $\Delta t_H = 4$  °С.

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

Фактическое сопротивление теплопередаче  $R_\phi$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$  для входных дверей равно:

$$R_\phi = 1,4 \cdot 0,6 = 0,84 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

С использованием следующей формулы определим коэффициент теплопередачи через дверные проемы:

$$k_d = \frac{1}{R_\phi} \quad (3.2.4.2.)$$

$$k_d = \frac{1}{0,84} = 1,19 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$$

### 3.2.5 Расчёт теплозащитных свойств полов по грунту

Принимаем следующую конструкцию полов:

1 – железобетонная-бетонная плита,

$$\delta_1 = 0,12 \text{ м,}$$

$$\lambda_1 = 1,69 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С);}$$

2 – Песчано-цементная стяжка,

$$\delta_2 = 0,05 \text{ м,}$$

$$\lambda_2 = 0,76 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С);}$$

3 – Теплоизоляционная плита (пенополистирол)

$$\lambda_3 = 0,052 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С);}$$

Коэффициенты теплопроводности материалов находим по приложению Д (СП23–101–2004) [4].

По градус-суткам отопительного периода равный  $D_d = 6224,4 \text{ °С} \cdot \text{сут.}$ , который отличается от табличных, мы будем определять требуемое значение сопротивления теплопередаче стены, по формуле (3.2.1.2.).

Принимаем значение  $a = 0,00035$ ; значение  $b = 1,4$  по данным таблицы 3 [4].

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

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче по формуле (3.2.1.2.) равно:

$$R_{req} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{1,69} + \frac{0,05}{0,76} + \frac{\delta_3}{0,052} + \frac{1}{23} = 3,57854 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Откуда  $\delta_3 = 0,17 \text{ м}$

Принимаем ближайшую к этому значению толщину листа пенополистирола, что приведет к использованию утеплителя толщиной 0,17 метра [4].

По формуле (3.2.1.2.) находим фактическое термическое сопротивление теплопередаче наружной стены:

$$R_{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{1,69} + \frac{0,05}{0,76} + \frac{0,17}{0,052} + \frac{1}{23} = 3,684 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Коэффициент теплопередачи через пол определим по формуле (3.2.1.3.):

$$k_{п} = \frac{1}{3,684} = 0,27 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

### 3.3. Расчет мощности системы отопления

#### 3.3.1. Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии

При расчете удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания используется следующая формула:

$$q_{от}^P = k_{об} + k_{вент} - \beta_{КПИ}(k_{рад} + k_{быт}), \text{ где} \quad (3.3.1.1.)$$

$k_{об}$  – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°C), определяется в соответствии с приложением Ж СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [5];

$k_{вент}$  – удельная вентиляционная характеристика, Вт/(м<sup>3</sup>·°C);

$k_{быт}$  – удельная характеристика внутренних теплопоступлений здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°C);

$k_{рад}$  – удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м<sup>3</sup>·°C);

$\beta_{кпи}$  – коэффициент полезного использования теплопоступлений, считается по формуле:

$$\beta_{кпи} = \frac{K_{рег}}{(1+0,5n_{в})}, \quad (3.3.1.2.)$$

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;

$K_{рег} = 0,9$  - 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<sup>-1</sup>.

### 3.3.2. Расчет удельной вентиляционной характеристики

Удельную вентиляционную характеристику жилого дома определяется по формуле:

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

(3.3.2.1.)

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

$\rho_{вент}^{вент}$  – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м<sup>3</sup>, которая определяется по формуле:

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

(3.3.2.2.)

$L_{вент}$  – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м<sup>3</sup>/ч, равное для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м<sup>2</sup> общей площади на человека -  $3A_{ж}$ ;

б) других жилых зданий -  $0,35h_{эт}A_{об}$ , но не менее 30м, где  $A_{об}$  - общая площадь квартир, м<sup>2</sup>;  $m$  - 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 И СП 60.13330.2016 с учетом количества человек в помещениях [2];

$A_{ж}$  - для жилых зданий (площадь спален, детских, гостиных, кабинетов, библиотек, столовых, кухонь-столовых), м<sup>2</sup>;

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

$kэф$  – коэффициент эффективности рекуператора;

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

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

$V_{от}$  – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных зданий, м<sup>3</sup>.

### 3.3.3. Расчет кратности воздухообмена здания за отопительный период

При расчете средней кратности воздухообмена здания за отопительный период, ч-1, мы учитываем суммарный воздухообмен за счет вентиляции и инфильтрации при помощи следующей формулы:

$$n_{в} = \left[ \frac{(L_{вент} n_{вент})}{168} + \frac{(G_{инф} n_{инф})}{168 \rho_{вент}} \right] / (\beta_v V_{от}) \quad (3.3.3.1.)$$

где  $L_{вент}$  – в формуле (3.3.2.1.);

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

168 – число часов в неделе;

$G_{инф}$  – в формуле (3.3.2.1.);

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

### 3.3.4. Расчет количества инфильтрующегося воздуха

Количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в лестничную клетку жилого здания или в помещения общественного здания через

неплотность заполнений проемов, полагая, что все они находятся на наветренной стороне, следует определять по формуле:

$$G_{\text{инф}} = \left( \frac{A_{\text{ок}}}{R_{\text{и,ок}}^{\text{тр}}} \right) \left( \frac{\Delta p_{\text{ок}}}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \left( \frac{A_{\text{дв}}}{R_{\text{и,дв}}^{\text{тр}}} \right) \left( \frac{\Delta p_{\text{дв}}}{10} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (3.3.4.1.)$$

где  $A_{\text{ок}}$  и  $A_{\text{дв}}$  – соответственно суммарная площадь окон, балконных дверей и входных наружных дверей, м<sup>2</sup>;

$R_{\text{и,ок}}^{\text{тр}}$  и  $R_{\text{и,дв}}^{\text{тр}}$  – соответственно требуемое сопротивление воздухопроницанию окон, балконных дверей и входных наружных дверей, (м<sup>2</sup>·ч)/кг;

$\Delta p_{\text{ок}}$  и  $\Delta p_{\text{дв}}$  – 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 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 и в формуле (5.2) СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [5].

### 3.3.5. Расчет удельной характеристики бытовых тепловыделений

Удельную характеристику бытовых тепловыделений жилых зданий  $k_{\text{быт}}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°C), определим по формуле:

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} A_{\text{ж}}}{V_{\text{от}} (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})}, \quad (3.3.5.1.)$$

где  $A_{\text{ж}}$  – полезная площадь помещений жилого здания, м<sup>2</sup>;

$q_{\text{быт}}$  – величина бытовых тепловыделений на 1 м площади жилых помещений, Вт/м<sup>2</sup>, принимая для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м<sup>2</sup> общей площади на человека  $q_{\text{быт}} = 17$  Вт/м<sup>2</sup>;

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

в) других жилых зданий - в зависимости от расчетной заселенности квартир по интерполяции величины  $q_{\text{быт}}$  между 17 и 10 Вт/м<sup>2</sup>.

### 3.3.6. Расчет удельной характеристики теплоступлений от солнечной радиации

Удельную характеристику теплоступлений в здание от солнечной радиации  $k_{\text{рад}}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), определим по формуле:

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6Q_{\text{рад}}^{\text{гот}}}{(V_{\text{отГСОП}})}, \quad (3.3.6.1.)$$

где  $Q_{\text{рад}}^{\text{гот}}$  – теплоступления 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 [6],

$$Q_{\text{рад}}^{\text{гот}} = \sum_j^J [I_j^{\text{вер}} * \sum_{l=1}^L g_{jl} \tau_{2jl} A_{jl}] + I^{\text{гор}} \sum_{y=1}^Y g_{\text{фон}} \tau_{2\text{фон}} A_{\text{фон}}, \quad (3.3.6.2.)$$

где  $I_j^{\text{вер}}$  - суммарная солнечная радиация за отопительный период для вертикальной поверхности на широте 56, МДж/год·м<sup>2</sup>, принимается из п.9.1, СП 131.13330.2020 «Строительная климатология». Равна 57, 100, 358 для северной стороны, восточной/западной и южной, соответственно [1];

$I^{\text{гор}}$  - суммарная радиация за отопительный период для горизонтальной поверхности, МДж/год·м<sup>2</sup>, 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, соответственно, м<sup>2</sup>;

$g_{jl}$  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];

$\tau_{2jl}$  и  $\tau_{2\text{фон}}$  – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, рассчитываем согласно 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 за отопительный период  $q$ , кВт·ч/(м<sup>3</sup>·год) или, кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) определим по формулам:

$$q = 0,024ГСОПq_{от}^p; \quad (3.3.7.1.)$$

$$q = 0,024ГСОПq_{от}^p h; \quad (3.3.7.2.)$$

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, измеренных в пределах внутренних поверхностей наружных стен, м<sup>2</sup>, кроме технических этажей и гаражей.

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

$$Q_{от}^{год} = 0,024ГСОПV_{от}q_{от}. \quad (3.3.7.3.)$$

### 3.4. Расчет общих теплопотерь здания за отопительный период

Общие теплопотери здания за отопительный период  $Q_{общ}^{год}$ , кВт·ч/год, определим по формуле:

$$Q_{от}^{год} = 0,024ГСОПV_{от}(k_{об} + k_{вент}). \quad (3.4.1.)$$

### 3.5. Тепловая расчет нагрузок на ГВС

Для обеспечения нагрузки на горячее водоснабжение (ГВС) будет использоваться электробойлер.

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

Для дальнейшего расчета необходимо установить среднечасовую 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 течение часа определяется по формуле:

$$Q_T^h = 1,16q_t^h(t^h - t^c) + Q^{ht}, \quad (3.5.1.)$$

где  $q_t^h$  - средний часовой и максимальный часовой расходы горячей воды, м<sup>3</sup>/ч.

Его следует определять по формуле:

$$q_t^h = \frac{\sum_1^i q_{u,i} U_i}{1000T}, \quad (3.5.2.)$$

где  $q_{u,i}$  - общий расход воды потребителем в сутки наибольшего водопотребления (принимаемый по табл. А.2 СП 30.13330.2020 «Внутренний водопровод и канализация зданий»), [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 в системе холодного водоснабжения, при отсутствии данных следует принимать 5 °С;

$Q^{ht}$  - в зависимости от расположения ИТП, принято 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%.

### 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	$q_{от}^p$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	0,19
2 Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	0,256
3 Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	0,178
4 Удельная характеристика внутренних теплопоступлений здания	$k_{быт}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	0,0651
5 Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	0,193
6 Коэффициент полезного действия использования теплопоступлений	$\beta_{кпд}$	0,71
7 Средняя плотность приточного воздуха за отопительный период	$\rho_{в}^{вент}$ , кг/м	1,344
8 Количество инфильтрующегося воздуха в здании	$G_{инф}$ , кг/ч	122,312
9 Отапливаемый объем здания	$V_{от}$ , м <sup>2</sup>	376,65
10 Площадь жилых помещений	$A_{ж}$ , м <sup>2</sup>	79,5
11 Сумма площадей этажей здания	$A_{от}$ , м <sup>2</sup>	98,635
12 Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период	$n_{в}$ , ч-1	0,41
13 Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{быт}$ , Вт/м <sup>2</sup>	16,8
14 Требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей	$R_{и,октр}$ , (м <sup>3</sup> ·°С)/Вт	0,17
15 Требуемое сопротивление воздухопроницанию входных дверей и ворот (раздельно)	$R_{и,двтр}$ , (м <sup>3</sup> ·°С)/Вт	0,16
16 Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q$ , кВт·ч/(м <sup>3</sup> ·год)	29,2
16 Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q$ , кВт·ч/(м <sup>3</sup> ·год)	105

Окончание таблицы 3

17 Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период	$Q_{отгод},$ $кВт\cdotч/(год)$	10549,85
18 Общие теплопотери здания за отопительный период	$Q_{общгод},$ $кВт\cdotч/(год)$	18672,78
19 Расход тепла на ГВС	$Q_{Th}, кВт\cdotч$	2,3

### 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	$t_{в}, ^\circ C$	Характеристики помещения		$\Delta t,$ $^\circ C$	$k,$ $Вт/(м^2\cdot^\circ C)$	$Q_{но}, Вт$	$Q_{инф},$ $Вт$	$Q_{пот}, Вт$
		Обозн.	S					
Гардеробная	20	НС	0	57	0,24	212,268	280,84 5	493,276
		Но	0		1,23			
		Пл	7		0,27			
		Пт	7		0,262			
		НД	0		1,19			
Спальня 1	20	НС	7,95	57	0,24	514,58	372,65	882,5
		Но	1,42		1,23			
		Пл	10,1		0,27			
		Пт	10,1		0,262			
		НД	0		1,19			
Спальня 2	20	НС	25,75	57	0,24	1003,23 4	596,92	1601,2
		Но	3,1		1,23			
		Пл	14,3		0,27			
		Пт	14,3		0,262			
		НД	0		1,19			
Прихожая	20	НС	0	57	0,24	184,976	243,24 3	427,29
		Но	0		1,23			
		Пл	6,1		0,27			
		Пт	6,1		0,262			
		НД	0		1,19			
Санузел	20	НС	8,4	57	0,24	387,8	350,23 5	732,942
		Но	0		1,23			
		Пл	9		0,27			
		Пт	9		0,262			
		НД	0		1,19			

Окончание таблицы 5

Коридор	20	НС	0	57	0,24	130,393	171,47	298,69
		Но	0		1,23			
		Пл	4,3		0,27			
		Пт	4,3		0,262			
		НД	0		1,19			
Кухня	20	НС	7,44	57	0,24	488,011	309,88	799,33
		Но	1,4		1,23			
		Пл	9,5		0,27			
		Пт	9,5		0,262			
		НД	0		1,19			
Зал	20	НС	21,37	57	0,24	1260,16	680,34	1940,31
		Но	5,5		1,23			
		Пл	19,2		0,27			
		Пт	19,2		0,262			
Тамбур	20	НС	7,9	57	0,24	705,774	476,34 75	1182,047 5
		Но	0		1,23			
		Пл	13		0,27			
		ПТ	13		0,262			
		НД	3		1,19			

Расшифровка обозначений:

НС – наружные стены;

Но – окна;

Пл – пол;

Пт – чердачное перекрытие (потолок);

НД – наружные двери.

#### 4. Выбор отопительного оборудования

##### 4.1. Выбор котла для отопления

Для компенсации тепловых потерь и поддержания комфортных условий, выбран напольный газовый котел Сигнал КОВ-12.5СТ1пс NEOclassic. Продукция СИГНАЛ отличается повышенной надежностью и долгим сроком службы, именно поэтому товары фирмы положительно зарекомендовали себя и пользуются большим спросом на рынке России и ряда других стран.



Рисунок 4 – Напольный газовый котел Сигнал КОВ-12.5СТ1пс  
NEOclassic

ЭЗОТ СИГНАЛ (г. Энгельс) является одним из лидеров российского рынка отопительной техники, бытовые газовые приборы изготавливаются на предприятии уже более 17 лет. Все котлы, выпускаемые под маркой СИГНАЛ, обладают отличными потребительскими свойствами: имеют высокий коэффициент полезного действия, надежные устройства для обеспечения безопасности; просты и удобны в эксплуатации.

Напольные газовые котлы для отопления дома СИГНАЛ КОВ СТ1пс NEOclassic относятся к типу энергонезависимых устройств с закрытой камерой сгорания. Повышенное качество технического уровня сборки прибора позволяет ему наилучшим образом проявлять себя в местах, система электроснабжения которых сталкивается с частыми перебоями. Котлы предназначены для теплоснабжения индивидуальных жилых домов и зданий производственного и коммунально-бытового назначения, оборудованных системами водяного отопления с принудительной циркуляцией воды.

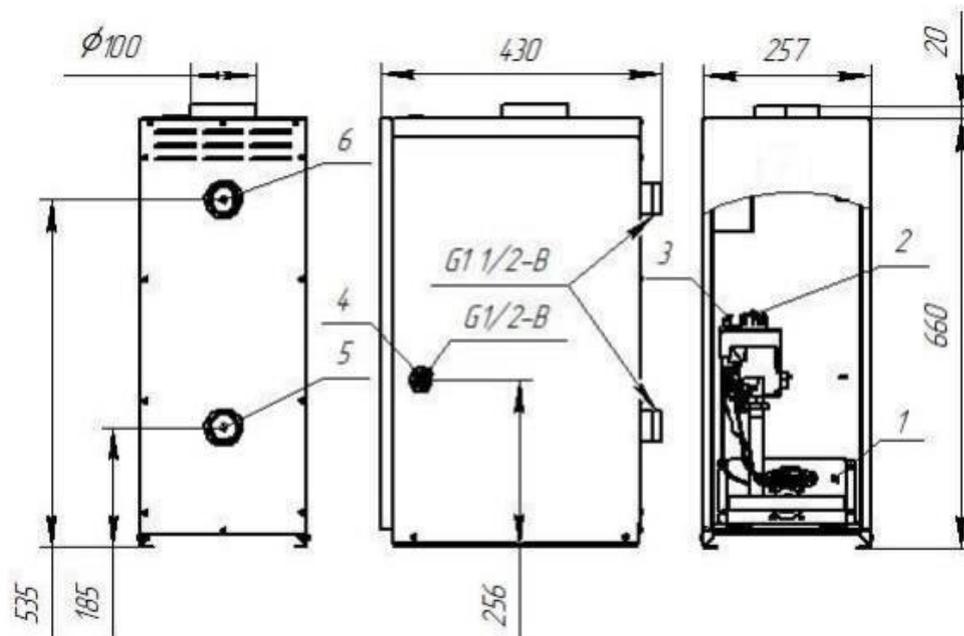


Рисунок 5 –котел Сигнал КОВ-12.5СТ1пс NEOclassic

1-газогорелочное устройство; 2- ручка управления и выбора температуры; 3-пьезовоспламенитель; 4-штуцер для подключения газа; 5-вход отопительной воды; 6-выход отопительной воды.

Особенности и преимущества Сигнал КОВ-12.5СТ1пс NEOclassic:

- Автоматика TGV
- Надежная горелка
- Высокая эффективность при минимальных габаритах
- Удобство и простота в управлении
- Модернизированный стальной теплообменник.

Технические характеристики:

Тип котла: газовый

Отапливаемая площадь: 125 кв. м.

Кол-во контуров: одноконтурный

Камера сгорания: закрытая

Мощность: 12.5 кВт

Установка: Напольная

Конденсационный: Нет

Бренд: Сигнал

Модель котла: Сигнал КОВ NEOclassic

Вид топлива: Природный газ

Страна производителя: Россия

Способ установки: Вертикально

КПД %: 89

Энергонезависимый: Да

Материал первичного теплообменника: сталь

Встроенный бойлер: Нет

Встроенный расширительный бак: Нет

Встроенный циркуляционный насос: Нет

Расход природного газа куб. м/час: 1.48

Номинальное давление природного газа, мбар: 13

Температура теплоносителя, °С: 40 — 90

Макс. давление воды в контуре отопления, бар: 3

Дополнительная информация:

Объем воды, вмещаемой котлом 13 л.

Цвет белый

Гарантийный срок 2 года

Безопасность:

Защита газ-контроль, защита от перегрева

Защита Подключение и габаритные размеры

Габариты:

Длина: 43 см

Ширина: 25.7 см

Высота: 66 см

Вес: 38 кг

## 4.2. Выбор водонагревателя

На основании данных таблицы 5 и характеристик потребления была сделана выборка водонагревателя, способного обеспечить максимальный расход горячей воды.

Точка забора	Раковина	Кухонная раковина	Ванна
Температура гвс. [С]	35-40	55	40
Время потребления [мин]	1,5-3	5	10-15.
Расход горячей воды для бытовых нужд. [л]	5-15.	20-30	120-200

Таблица 5 – Нормы потребления горячей воды для различных санузлов

В качестве водонагревателя выбран водонагреватель Ariston VELIS TECH INOX PW ABSE 50.

Новое поколение электрических водонагревателей Ariston премиум-класса Velis отличается высочайшим качеством, непревзойденным удобством эксплуатации и премиальным дизайном, а также высококачественными материалами и новыми технологическими возможностями.

Высокая энергоэффективность – экономия электроэнергии до 14% при использовании функции ECO EVO – автоматически запоминает Ваши предпочтения и обеспечивает подачу горячей воды тогда, когда Вам это необходимо, а индикатор готовности всегда подскажет, когда вы можете принять душ.

Функция Power (1,5 кВт + 1 кВт) позволяет нагревать большой объем воды за меньшее время.

Универсальный монтаж позволяет разместить водонагреватель в наиболее удобное место.

Прибор поставляется с устройством защитного отключения.

Основные характеристики:

Установка: вертикальная

Способ крепления: настенный

Управление: электронное

Напряжение сети: 230 В

Мощность: 2.5 кВт

Форма: плоская

Объем: 50 л

Цвет: белый

Тип ТЭНа: мокрый

Внутреннее покрытие бака: эмалированная сталь

Макс тем-ра: нагрева воды: 80 °С

Самодиагностика: да

Резьба для подключения воды: 1/2 дюйма

Наличие сетевой вилки: да

УЗО в комплекте: да

Пульт ДУ: нет

Высота: 781 мм

Ширина: 511 мм

Глубина: 275 мм

Габариты без упаковки: 781x275x511 мм

Вес нетто: 21.3 кг

Серия: velis

Макс. давление воды: 8 бар

Подводка: нижняя/боковая

Магнийевый анод: да

Ускоренный нагрев: да

Предохранительный клапан: да

Обратный клапан: есть

Степень защиты от воды: X4 IP



Рисунок 6 – водонагреватель Ariston VELIS TECH INOX PW ABSE 50

## 5. Гидравлика

### 5.1. Гидравлический расчет

Гидравлический расчет был выполнен в программе MagiCAD. MagiCAD имеет специализированные модули для различных видов инженерных систем, включая отопление. Модуль MagiCAD для отопления предназначен для проектирования отопительных систем в зданиях. Он позволяет создавать 3D-модели трубопроводов, радиаторов, котлов и других отопительных элементов, учитывать тепловые потери, выполнять расчеты по выбору оборудования, автоматизировать процесс создания спецификаций и другие функции, необходимые для эффективного проектирования и согласования отопительных систем.

Результаты расчетов представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Итоги гидравлического расчета

Расположение	Уровень	Система	Тип	Серия	Оборудование	Размер	L [м]	Изоляция	P [Вт]	qv [м³/ч]	v [м/с]	dpt [кПа]	dp/L [кПа/м]	pt [кПа]	adj.	Предупреждения
	Этаж 1	ОТ1	ИСХ.ТОЧКА							0,768				2,955		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		40	1,2			0,768	0,32	0,055	0,046	2,955		
	Этаж 1	ОТ1	УЧАСТОК	PEX		40/16				0,768	0,32	0,051		2,901		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,0			0,087	0,23	0,002	0,082	2,850		
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		16				0,087	0,23	0,010		2,848		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,1			0,087	0,23	0,010	0,082	2,838		
	Этаж 1	ОТ1	ОТОПЛЕНИЕ:		Kermi Therm X 10 (L)				993	0,087		2,746		2,828		Вне диапазона dp
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		40	2,5			0,681	0,29	0,093	0,037	2,901		
	Этаж 1	ОТ1	УЧАСТОК	PEX		40/16				0,681	0,29	0,040		2,808		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,0			0,070	0,18	0,001	0,056	2,767		
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		16				0,070	0,18	0,006		2,766		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,1			0,070	0,18	0,007	0,056	2,760		
	Этаж 1	ОТ1	ОТОПЛЕНИЕ:		Kermi Therm X 10 (L)				795	0,070		2,586		2,753		Вне диапазона dp
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		40	2,4			0,611	0,26	0,073	0,031	2,808		
	Этаж 1	ОТ1	УЧАСТОК	PEX		40/16				0,611	0,26	0,032		2,735		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,0			0,087	0,23	0,002	0,082	2,702		
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		16				0,087	0,23	0,010		2,700		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,1			0,087	0,23	0,010	0,082	2,691		
	Этаж 1	ОТ1	ОТОПЛЕНИЕ:		Kermi Therm X 10 (L)				993	0,087		2,432		2,680		Вне диапазона dp
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		40	1,8			0,523	0,22	0,042	0,024	2,735		

Продолжение таблицы 6

Расположение	Уровень	Система	Тип	Серия	Оборудование	Размер	L [м]	Изоляция	P [Вт]	qv [м³/ч]	v [м/с]	dpt [кПа]	dp/L [кПа/м]	pt [кПа]	adj.	Предупреждения
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		40				0,523	0,22	0,010		2,692		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		40	1,5			0,523	0,22	0,037	0,024	2,682		
	Этаж 1	ОТ1	УЧАСТОК	PEX		40/16				0,523	0,22	0,024		2,646		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,0			0,087	0,23	0,002	0,082	2,622		
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		16				0,087	0,23	0,010		2,620		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,1			0,087	0,23	0,010	0,082	2,610		
	Этаж 1	ОТ1	ОТОПЛЕНИЕ:		Kermi Therm X 10 (L)				993	0,087		2,269		2,600		Вне диапазона dp
	Этаж 1	ОТ1	ПЕРЕХОД	PEX		40/32				0,436	0,18	0,006		2,646		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		32	3,3			0,436	0,29	0,163	0,050	2,640		
	Этаж 1	ОТ1	УЧАСТОК	PEX		32/16				0,436	0,29	0,040		2,477		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,0			0,052	0,14	0,001	0,034	2,436		
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		16				0,052	0,14	0,004		2,436		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,1			0,052	0,14	0,004	0,034	2,431		
	Этаж 1	ОТ1	ОТОПЛЕНИЕ:		Kermi Therm X 10 (L)				596	0,052		1,944		2,428		Вне диапазона dp
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		32	2,9			0,384	0,25	0,114	0,040	2,477		
	Этаж 1	ОТ1	УЧАСТОК	PEX		32/16				0,384	0,25	0,031		2,363		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,0			0,105	0,28	0,003	0,112	2,332		
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		16				0,105	0,28	0,014		2,329		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,1			0,105	0,28	0,014	0,112	2,315		
	Этаж 1	ОТ1	ОТОПЛЕНИЕ:		Kermi Therm X 10 (L)				1192	0,105		1,682		2,301		Вне диапазона dp
	Этаж 1	ОТ1	ПЕРЕХОД	PEX		32/26				0,279	0,18	0,003		2,363		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		26	0,3			0,279	0,25	0,014	0,046	2,360		
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		26				0,279	0,25	0,013		2,346		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		26	3,8			0,279	0,25	0,175	0,046	2,333		
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		26				0,279	0,25	0,018		2,157		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		26	1,3			0,279	0,25	0,062	0,046	2,139		
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		26				0,279	0,25	0,015		2,077		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		26	0,4			0,279	0,25	0,019	0,046	2,062		
	Этаж 1	ОТ1	УЧАСТОК	PEX		26/16				0,279	0,25	0,030		2,043		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,0			0,105	0,28	0,001	0,112	2,013		
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		16				0,105	0,28	0,014		2,012		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,1			0,105	0,28	0,014	0,112	1,998		
	Этаж 1	ОТ1	ОТОПЛЕНИЕ:		Kermi Therm X 10 (L)				1192	0,105		1,054		1,984		Вне диапазона dp
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		26	1,5			0,174	0,15	0,031	0,020	2,043		
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		26				0,174	0,15	0,009		2,012		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		26	1,3			0,174	0,15	0,026	0,020	2,003		
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	PEX		26				0,174	0,15	0,007		1,977		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		26	2,1			0,174	0,15	0,043	0,020	1,970		
	Этаж 1	ОТ1	УЧАСТОК	PEX		26/16				0,174	0,15	0,012		1,927		
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	PEX		16	0,0			0,087	0,23	0,001	0,082	1,915		

## Окончание таблицы 5

Расположение	Уровень	Система	Тип	Серия	Оборудование	Размер	L [м]	Изоляция	P [Вт]	qv [м <sup>3</sup> /ч]	v [м/с]	dpt [кПа]	dp/L [кПа/м]	pt [кПа]	adj.	Предупреждения	
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	РЕХ		16				0,087	0,23	0,010		1,914			
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	РЕХ		16	0,1			0,087	0,23	0,010	0,082	1,905			
	Этаж 1	ОТ1	ОТОПЛЕНИЕ		Kermi Therm X 10 (L)				993	0,087			0,856		1,895	Вне диапазона др	
	Этаж 1	ОТ1	ПЕРЕХОД	РЕХ		26/16				0,087	0,08	0,007		1,927			
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	РЕХ		16	1,4			0,087	0,23	0,114	0,082	1,920			
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	РЕХ		16				0,087	0,23	0,016		1,806			
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	РЕХ		16	3,6			0,087	0,23	0,295	0,082	1,790			
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	РЕХ		16				0,087	0,23	0,010		1,495			
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	РЕХ		16	0,0			0,087	0,23	0,000	0,082	1,485			
	Этаж 1	ОТ1	ОТВОД-90	РЕХ		16				0,087	0,23	0,009		1,484			
	Этаж 1	ОТ1	СЕГМЕНТ	РЕХ		16	0,1			0,087	0,23	0,010	0,082	1,475			
	Этаж 1	ОТ1	ОТОПЛЕНИЕ		Kermi Therm X 10 (L)				993	0,087					1,465		

## 5.2 Выбор насоса

Основываясь на проведенном гидравлическом расчете, для основного циркуляционного кольца был выбран насос Вихрь Ц-25/4 с небольшим запасом мощности.

Циркуляционный насос Вихрь Ц-25/4 СТАНДАРТ используется для обеспечения циркуляции воды в замкнутых системах отопления и водоснабжения квартир и частных домов. Насос способен выдерживать давление до 10 бар и создавать поток до 50 л/мин. Он может работать на трёх скоростях, создавая напор: 2 м на мощности 36 Вт, 3 м – 53 Вт и 4 м – 72 Вт. Установка той или иной скорости осуществляется посредством специально предусмотренного переключателя. Температура перекачиваемой воды может быть в пределах от -10 до +110°C.

Монтируется насос прямо на трубопровод. Монтажная длина устройства составляет 180 мм. Резьба на агрегате – 1.5 дюйма. Резьба на соединительной гайке – 1 дюйм. Модель циркуляционного насоса для отопления Вихрь Ц-25/4 СТАНДАРТ защищена от влаги. Класс защиты – IP44. Для упрощения подсоединения к электросети в комплекте имеются зажимные клеммы в клеммной коробке. Класс изоляции устройства – Н. Параметры сети питания – 220 В, 50 Гц. Вес – 2.7 кг.



Рисунок 7 – Циркуляционный насос Вихрь Ц-25/4 СТАНДАРТ

### 5.3 Выбор радиаторов

В качестве приборов отопления выбраны панельные радиаторы Kermi therm-x2 Profil-V тип 22. Радиатор «therm-x2» снабжен новейшей запатентованной технологией «x2», основанной на последовательной обвязке по теплоносителю. Согласно этому принципу, теплоноситель из подающего трубопровода сначала поступает в переднюю панель радиатора, обеспечивая более высокую температуру ее поверхности и тем самым увеличивая долю теплоотдачи излучения до 100 %.

Радиаторы Kermi Profil-V предназначены для закрытых отопительных систем с принудительной рабочей циркуляцией. Отопительных системах должна использоваться вода или другая теплоносущая жидкость с максимальной температурой 110°C, отвечающая требованиям СНиП П—36—73 Тепловые сети и п. 22.16 Правил технической эксплуатации электростанций и сетей.

Небольшой объем воды в корпусе дает возможность быстрого нагрева радиатора и эффективной терморегуляции. Качество: Радиаторы Kermi Profil-V отвечают требованиям стандарта DIN. Все радиаторы проходят проверку на прочность и испытываются давлением 13 Бар. Покрытие: Корпуса радиаторов Kermi Profil-V обезжирены, фосфатированы и окрашены электростатическим

способом. Лакокрасочное покрытие подвергнуто термообработке при 180°C. Базовый цветовой оттенок — чисто белый RAL 9016. Комплект поставки: заглушка, кран Маевского, комплект кронштейнов, для моделей 11, 12, 22, 33 типа — верхняя декоративная решетка и боковые панели. Каждый радиатор упакован в картон и обернут полиэтиленовой самоусадочной пленкой. Такая упаковка надежно предохраняет радиатор при складировании и транспортировке. При монтаже упаковка устраняется только в необходимых местах.



Рисунок 8 – Радиатор Kermi therm-x2 Profil-V тип 22

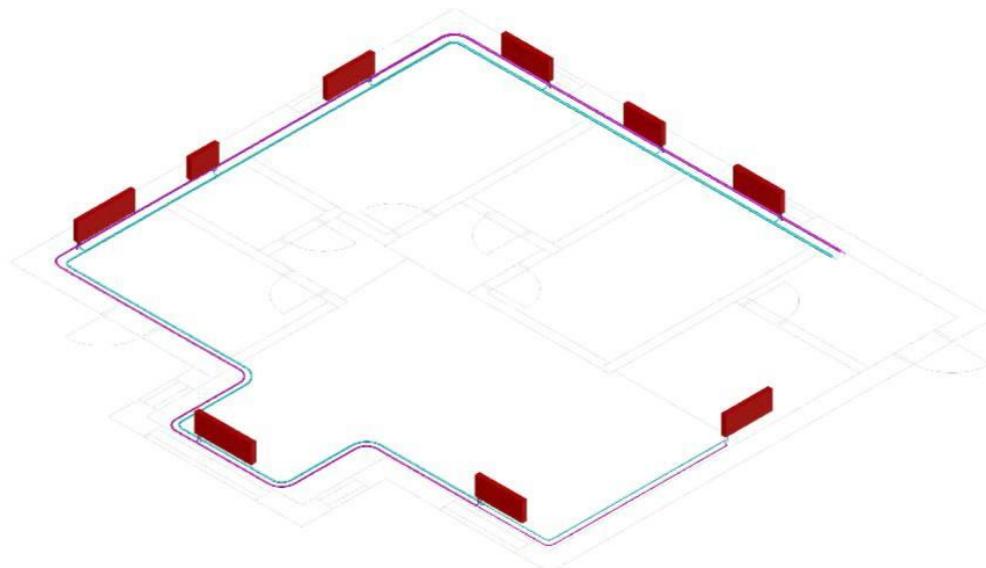


Рисунок 9 – Изометрия радиаторов

#### 5.4 Выбор труб

После изучения различных вариантов труб я остановился на выборе труб из сшитого полиэтилена РЕХ-а.

Трубы Stout из сшитого полиэтилена РЕХ-а предназначены для применения в системах отопления, холодоснабжения и водопроводов согласно ГОСТ 32415-2013. При этом красную трубу рекомендуется использовать преимущественно в системах напольного отопления. Внутренний основной «несущий» слой трубы, контактирующий с перемещаемой средой, выполнен из сшитого полиэтилена РЕХ-а. Наружный барьерный (кислородозащитный) слой представляет собой тонкую оболочку из поливинилэтилена EVOH, практически полностью предотвращающую диффузию кислорода из окружающего воздуха в перемещаемую по трубопроводу среду. Для обеспечения надежного контакта наружного и барьерного слоев между ними нанесен клеевой (адгезивный) слой.



Рисунок 10 – труба из сшитого полиэтилена РЕХ-а

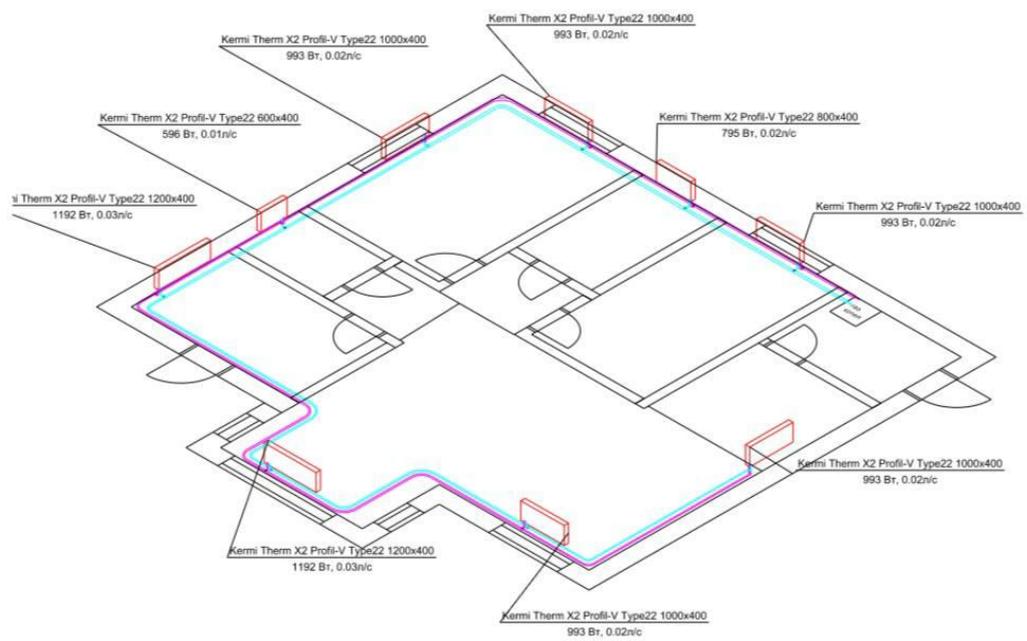


Рисунок 11 – Изометрия СО

## 5.5. Расширительный бак

Прежде чем делать выбор бака для отопительной системы, необходимо провести расчеты для обеспечения стабильной работы системы. Неверное давление может возникнуть, если бак окажется слишком большим, в то время как слишком маленький не сможет вместить излишек жидкости, что может привести к аварии.

Объем расширительного бака:

$$V = \frac{V_0 * E}{D}, \quad (5.5.1.)$$

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

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

$D$  – эффективность мембранного расширительного бака. Определяется по формуле:

$$D = \frac{PV - PS}{PS + 1}, \quad (5.5.2.)$$

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.

После проведения расчетов объема расширительного бака мною было установлено, что необходимый объем составляет 13,8 л. В результате этого выбора был сделан в пользу расширительного бака для отопления Джилекс ВП 14, с вместимостью 14 литров.



Рисунок 12 – Расширительный бак отопления Джилекс ВП 14

## 6. Экономический расчет

В таблице 6 представлена смета расходов на оборудование для системы отопления и индивидуальной котельной частного дома с газовым котлом.

Таблица 6 – Себестоимость оборудования

Наименование оборудования	Количество, шт.		Цена, руб.	Стоимость, руб.
Газовый котел Сигнал КОВ-12.5СТ1пс NEOclassic	1		25762	25762
Радиатор Kermi therm-x2 Profil-V тип 22	1000x400	5	15907	141117
	800x400	1	13867	
	600x400	1	11827	
	1200x400	2	17944	
Трубы	2x16	6м	94	16440
	2x26	11м	249	
	2x32	7м	301	
	2x40	10м	1103	
Циркуляционный насос Вихрь Ц-25/4 СТАНДАРТ	1		2390	2390
Расширительный бак отопления Джилекс ВП 14	1		1870	1870
Водонагреватель Ariston VELIS TECH INOX PW ABSE 50.	1		16836	16836
Клапан терморегулятора угловой «Флагман» ТК-У	9		646	5814
Клапан запорный радиаторный прямой Ду-15 Ру10 RLV-II-N	9		357	3213

Балансировочный клапан	1	12698	12698
Кран шаровой	4	272	1088
Фильтр сетчатый IS31	2	14694	29388
Клапан обратный пружинный Uni-Fitt YORK	1	666	666
Коллекторная группа SSM-10 (088U0980) на 10 отводов	1	33574	33574
Итого			290856

## Заключение

В дипломном проекте разработана система отопления для индивидуального коттеджа. В первую очередь был проведен расчет теплопотерь через ограждающие конструкции, который включал в себя:

- Расчет сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций;
- Тепловые потери через каждый вид ограждения;
- Расход теплоты на нагрев приточного воздуха.

В рамках проекта была выбрана двухтрубная схема подключения. Дополнительно было принято решение использовать тупиковую схему для направления движения теплоносителя.

В системе отопления были выбраны стальные панельные радиаторы и трубы из сшитого полиэтилена.

Проведен гидравлический расчет для выбранной конфигурации и осуществлен выбор насосного оборудования.

Для индивидуального регулирования температуры в каждом помещении применены терморегуляторы, позволяющие изменять расход теплоносителя.

Как источник тепла используется газовый котел мощностью 12,5 кВт.

Для обеспечения горячей водой в эксплуатации установлен настенный накопительный водонагреватель объемом 50 л.

### 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. Тупиковая система отопления: схема и подбор комплектующих. URL: <https://akvahit.ru>
4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003\*/ Минстроя России. – М.: Стандартинформ, 2012. 101 с.
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. Тихомиров, К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция [Текст] / К.В. Тихомиров, Е.С. Сергиенко. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2009.

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

«25»

июня 2024г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

13.03.01. Теплоэнергетика и теплотехника

код и наименование направления.

Проект системы отопления индивидуального коттеджа в поселке

Шамони города Красноярск

наименование темы

Руководитель

А.А. Яковенко 20.06.24

подпись, дата

ст. преп. каф. ТТиГД

должность, ученая степень

А.А. Яковенко

инициалы, фамилия

Выпускник

И.В. Шохин 20.06.24

подпись, дата

А.В. Шохин

инициалы, фамилия

Красноярск 2024