

Содержание

Введение	3
1. Характеристика объекта проектирования	4
2. Требования к предстоящему проектированию системы отопления жилого дома	7
3. Расчет сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций	8
3.1. Расчет сопротивления теплопередаче несущих стен.	8
3.2. Расчет требуемого сопротивления теплопередаче для чердачного и подвального перекрытия	8
3.3. Расчет требуемого сопротивления теплопередаче для окон и балконных дверей	8
3.4. Фактическое термическое сопротивление для несущей стены и проверка требуемой толщины утеплителя.	9
3.5. Фактическое термическое сопротивление перекрытия над подвалом и проверка требуемой толщины утеплителя.	10
3.6. Фактическое термическое сопротивление чердачного перекрытия и проверка требуемой толщины утеплителя	11
4. Расчет теплопотерь	13
4.1. Определение площади ограждающих конструкций	13
4.2 Расчет основных теплопотерь	13
4.3 Расчет добавочных теплопотерь	13
4.4. Инфильтрация холодного воздуха через ограждения	14
4.5. Составление таблицы теплопотерь через ограждающие конструкции.	16
4.6. Определение теплового потока потребного на нагрев приточного воздуха.	19
4.6.1. Определение кратности воздухообмена в жилом помещении.	19
4.6.2. Определение теплового потока на нагрев приточного воздуха	19
5. Выбор отопительного оборудования.	20
5.1. Выбор типа газового котла.	20
5.2. Выбор мощности и марки отопительного прибора.	22
5.3. Выбор вспомогательного оборудования.	22
5.4 Выбор радиаторов отопления	23
Заключение	24
Список Литературы	25

Введение.

В условиях сурового климата средних и северных широт России надежная система отопления – ключевой элемент комфортного и энергоэффективного частного дома. Грамотное проектирование позволяет не только поддерживать оптимальный микроклимат, но и минимизировать затраты на энергоресурсы, повысить долговечность здания и снизить расходы на последующую модернизацию системы отопления.

1. Климатические особенности и требования

В средней полосе (ЦФО, Поволжье) зимы холодные, с температурами до -30°C , а на севере (Урал, Сибирь, Арктика) морозы достигают -50°C и ниже. Это требует:

- Высокой тепловой мощности системы.
- Учета теплопотерь через ограждающие конструкции.
- Резервирования источников тепла на случай аварий (в данной курсовой работе не исследуем, увязать с твердотопливным котлом возможно, но конструктив котельной не позволяет это делать, т.к. нет обособленного помещения для установки твердотопливного котла).

2. Современные технологии в проектировании

- Тепловые расчеты с использованием математических пакетов программ учитывающих материалы стен, утепление, климатическую зону.
- Альтернативные схемы разводки (лучевая, тёплые полы) дополнительно к традиционной радиаторной.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Жилое здание расположено в городе - Ижевск

Таблица 1.1

Параметр	Единица измерения	Значение
Расчетная температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92	°C	-33
Расчетная температура внутреннего воздуха	°C	22
Средняя температура воздуха, периода со средней суточной температурой воздуха не более 8 оС	°C	-5,6
Температура точки росы	°C	10,7
Влажность воздуха внутри помещения	%	55
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции	Вт/м²°C	8,7
Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции	Вт/м²°C	23
Продолжительность отопительного периода	сут	219

Послойная характеристика несущей стены

Таблица 1.2

№ слоя	Наименование материала	Толщина	Плотность	Теплопроводность
1	Штукатурка гипсовая	0,01	600	0,19
2	Кирпич сплошной	0,4	1800	0,7
3	Вата минеральная	0,05	100	0,061
4	Штукатурка цементная	0,01	1800	0,76

Перекрытие над подвалом

Таблица 1.3

№ слоя	Наименование материала	Толщина	Плотность	Теплопроводность
1	Стяжка из цементно-песчаного раствора	0,08	1800	0,76
2	Утеплитель экструдированный пенополистирол	0,08	36	0,028
3	Плита перекрытия железобетонная	0,16	2500	1,41

№ слоя	Наименование материала	Толщина	Плотность	Теплопроводность
1	Маты минераловатные на синтетическом связующем 75кг/м³	0,2	75	0,058
2	Мембранная пароизоляция	0,001	600	0,25
3	Настил из досок по лагам	0,05	500	0,14

Термические сопротивления слоев

Стена:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0.01}{0.19} = 0.05263 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0.4}{0.7} = 0.5714 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0.05}{0.061} = 0.8197 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0.01}{0.76} = 0.01316 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Перекрытие над подвалом

$$R'_1 = \frac{\delta'_1}{\lambda'_1} = \frac{0.08}{0.76} = 0.1053 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R'_2 = \frac{\delta'_2}{\lambda'_2} = \frac{0.08}{0.028} = 2.857 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R'_3 = \frac{\delta'_3}{\lambda'_3} = \frac{0.16}{1.41} = 0.1135 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Чердачное перекрытие:

$$R''_1 = \frac{\delta''_1}{\lambda''_1} = \frac{0.2}{0.058} = 3.448 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R''_2 = \frac{\delta''_2}{\lambda''_2} = \frac{0.001}{0.25} = 0.004 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R''_3 = \frac{\delta''_3}{\lambda''_3} = \frac{0.05}{0.14} = 0.3571 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

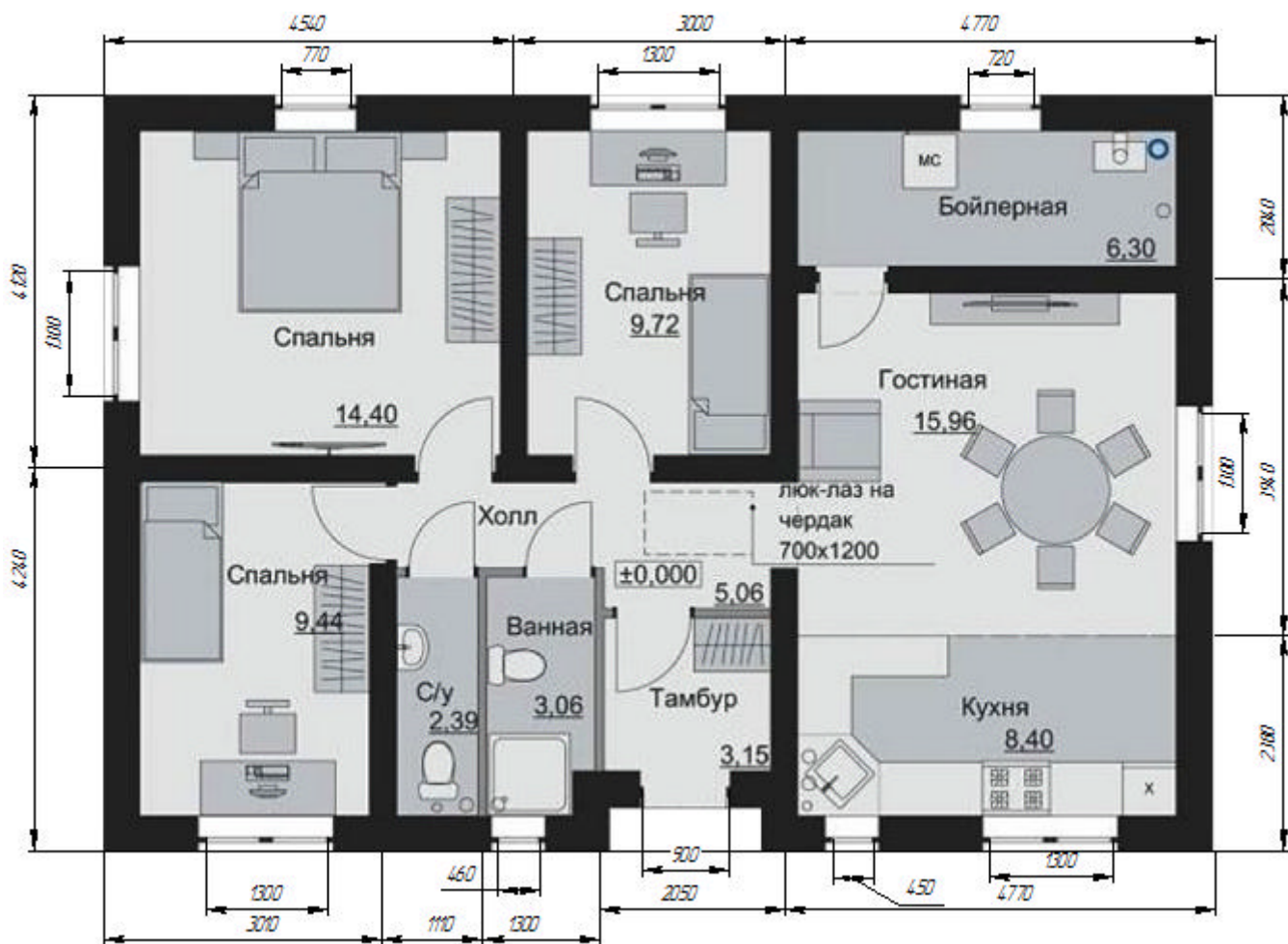


Рис. 1. План здания с размерами и экспликацией помещений.

Высота этажа $h_{\text{эт}} = 3$ м

Высота окон $h_{\text{ок.ср}} = 1.2$ м $h_{\text{ок.м}} = 0.6$ м

Высота двери $h_{\text{дв}} = 2$ м

Таблица 1.5

	Помещение	Площадь пола, чердака, м²	Площадь стены, м²				Площадь окна, м²				Площадь двери, м²	
			З	Ю	С	В	З	Ю	С	В	З	Ю
1	Спальня	9,44	3	12,72	Ю	7,47	Ю	1,56				
2	Спальня	14,4	3	10,86	С	13,16	3	1,56	С	0,462		
3	Спальня	9,72	С	7,44			С	1,56				
4	Бойлерная	6,3	С	13,88	В	6,12	С	0,432				
5	Гостиная	15,96	В	10,26			В	1,56				
6	Кухня	8,4	В	7,14	Ю	12,48	Ю	1,56	Ю	0,27		
7	Тамбур	3,15	Ю	4,35							Ю	1,8
8	Ванная	3,06	Ю	3,624			Ю	0,276				
9	С/у	2,39	Ю	7,17								
10	Холл	5,06										

2. ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДСТОЯЩЕМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА.

В данной курсовой работе нам известна послойная характеристика стен, потолка, пола с указанием толщины каждого слоя.

Необходимо проверить на соответствие с нормативными требованиями теплозащиты здания толщину слоя утеплителя во всех ограждающих конструкциях.

В случае заниженной толщины слоя утеплителя следует увеличить до ближайшей стандартной величины при которой термическое сопротивление будет удовлетворять климатическим условиям эксплуатации здания.

В противном случае суточные скачки температуры внутри помещения в зависимости от внешних условий (температура воздуха, солнечная активность, скорость и направление ветра, влажность) будут выходить за рамки комфортного нахождения в проектируемом здании людей.

Размещение теплых полов на кухне, санузле, коридоре и прихожей не являются одним из ключевых параметров в проектировании отопления и играют вспомогательную роль в периодическом поддержании комфортной температуры поверхности пола в помещениях. Одним из минусов теплых полов является высокая тепловая инертность и невысокая мощность теплопередачи (максимум 100 Вт с м^2 , при более высоком значении повышается температура пола свыше 40°C и ногам ходить по такому полу будет некомфортно).

Основной упор в проектировании отопления ставится на водяные радиаторы, размещенные в помещениях.

Подводящие трубы к радиаторам, также трубы гвс, хвс выполненные из сшитого полиэтилена проложены либо в бетонной стяжке либо в подвальном помещении в теплоизоляционном рукаве. На тепловой расчет здания локальные температурные отклонения от них не учитываем.

3. РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Фактическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции (R_0) должно быть не менее нормируемого значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $R_{тр}$, при этом выбор теплозащитных показателей здания осуществляется по предписываемому (нормативные требования предъявляются к отдельным элементам теплозащиты здания);

3.1. Расчет сопротивления теплопередаче несущих стен.

Значения $R_{тр}$ для величин, отличных от табличных, определяют по формуле:

$$R_{тр} = a \cdot D_d + b \quad (3.1)$$

где D_d - градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$)

a, b - коэффициенты, значения которых определяют по источнику [1].

для стен $a_1 = 0.00035$ $b_1 = 1.4$

для чердака и подполья (не отапливаемых) $a_2 = 0.00045$ $b_2 = 1.9$

Градусо - сутки отопительного сезона (ГСОП) определяют по формуле:

$$D_d = (t_{вн} - t_p) \cdot Z_p = (22 - -5.6) \cdot 219 = 6044.4 \quad (^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}) \quad (3.2)$$

где $t_{вн} = 22$ $^{\circ}\text{C}$ - расчетная температура внутреннего воздуха, ($^{\circ}\text{C}$);

$t_p = -5.6$ $^{\circ}\text{C}$ - средняя температура наружного воздуха, периода со средней суточной температурой воздуха не более 8 $^{\circ}\text{C}$;

$Z_p = 219$ сут - продолжительность отопительного сезона.

Определим требуемое термическое сопротивление несущих стен дома:

$$R_{тр1} = a_1 \cdot D_d + b_1 = 0.00035 \cdot 6044.4 + 1.4 = 3.516 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}} \quad (3.3)$$

3.2. Расчет требуемого сопротивления теплопередаче для чердачного и подвального перекрытия

Для чердачного и для подвального перекрытия

$$R_{тр2} = a_2 \cdot D_d + b_2 = 0.00045 \cdot 6044.4 + 1.9 = 4.62 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

3.3. Расчет требуемого сопротивления теплопередаче для окон и балконных дверей (двойное остекление с покрытием с воздушным заполнением)

$$R_{тр3} = 0.5 + 0.000025 \cdot D_d = 0.5 + 0.000025 \cdot 6044.4 = 0.651 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}} \quad (3.4)$$

3.3. Требуемое сопротивление теплопередаче для входной двери

$$R_{\text{тр}4} = 1.15 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

3.4. Фактическое термическое сопротивление для несущей стены и проверка требуемой толщины утеплителя.

Фактическое термическое сопротивление ограждающей конструкции, состоящей из i последовательно расположенных однородных слоев, определяется по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\sum \delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} \quad (3.5)$$

в нашем случае

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} = \frac{1}{8.7} + 0.05263 + 0.5714 + 0.8197 + 0.01316 + \frac{1}{23}$$

$$R_0 = 1.615 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \quad \text{при} \quad R_{\text{тр}1} = 3.516 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Требование по термическому сопротивлению не выполняется. Увеличим толщину утеплителя.

$$\text{Принимаем} \quad R_0 = R_{\text{тр}1} = 3.516 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \quad (3.6)$$

$$\text{тогда} \quad R_3 = R_0 - \left(\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R_1 + R_2 + R_4 + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} \right)$$

$$R_3 = 3.516 - \left(\frac{1}{8.7} + 0.05263 + 0.5714 + 0.01316 + \frac{1}{23} \right) = 2.72 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Толщина слоя утеплителя

$$\delta_3 = R_3 \cdot \lambda_3 = 2.72 \cdot 0.061 = 0.1659 \quad \text{м}$$

Толщину слоя округляем до стандартной величины

$$\delta_3 = 0.17 \quad \text{м}$$

Определим действительное термическое сопротивление

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0.17}{0.061} = 2.787 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Фактическое термическое сопротивление

$$R_{0.\text{ф}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} \quad (3.7)$$

$$R_{0.\text{ф}} = \frac{1}{8.7} + 0.05263 + 0.5714 + 2.787 + 0.01316 + \frac{1}{23} = 3.583 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

При $R_{\text{тр}1} = 3.516$ условие $R_{0.\text{ф}} \geq R_{\text{тр}1}$ выполняется

3.5. Фактическое термическое сопротивление перекрытия над подвалом и проверка требуемой толщины утеплителя.

Фактическое термическое сопротивление ограждающей конструкции:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\sum \delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} \quad (3.8)$$

в нашем случае

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R'_1 + R'_2 + R'_3 + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} = \frac{1}{8.7} + 0.1053 + 2.857 + 0.1135 + \frac{1}{23} = 3.234 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

При $R_{\text{тр}2} = 4.62$ условие $R_{0.\phi} \geq R_{\text{тр}2}$ не выполняется

Необходимо увеличить толщину утеплителя, укладываемого на перекрытие перед заливкой стяжки.

$$\text{Примем } R_0 = R_{\text{тр}2} = 4.62 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$\text{тогда } R'_2 = R_0 - \left(\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R'_1 + R'_3 + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} \right)$$

$$R'_2 = 4.62 - \left(\frac{1}{8.7} + 0.1053 + 0.1135 + \frac{1}{23} \right) = 4.243 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Толщина слоя утеплителя

$$\delta'_2 = R'_2 \cdot \lambda'_2 = 4.243 \cdot 0.028 = 0.1188 \text{ м}$$

Толщину слоя округляем до стандартной величины

$$\delta'_2 = 0.12 \text{ м}$$

Определим действительное термическое сопротивление

$$R'_2 = \frac{\delta'_2}{\lambda'_2} = \frac{0.12}{0.028} = 4.286 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Фактическое термическое сопротивление

$$R'_{0.\phi} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R'_1 + R'_2 + R'_3 + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} \quad (3.9)$$

$$R'_{0.\phi} = \frac{1}{8.7} + 0.1053 + 4.286 + 0.1135 + \frac{1}{23} = 4.663 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

При $R_{\text{тр}2} = 4.62$ условие $R_{0.\phi} \geq R_{\text{тр}2}$ выполняется

3.6. Фактическое термическое сопротивление чердачного перекрытия и проверка требуемой толщины утеплителя.

Фактическое термическое сопротивление ограждающей конструкции:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\sum \delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} \quad (3.10)$$

в нашем случае

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R''_1 + R''_2 + R''_3 + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} = \frac{1}{8.7} + 3.448 + 0.004 + 0.3571 + \frac{1}{23} = 3.968 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

При $R_{\text{тр}2} = 4.62 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$ условие не выполняется

Примем $R_0 = R_{\text{тр}2} = 4.62 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$

тогда $R''_1 = R_0 - \left(\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R''_2 + R''_3 + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} \right)$

$$R''_1 = 4.62 - \left(\frac{1}{8.7} + 0.004 + 0.3571 + \frac{1}{23} \right) = 4.1 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Толщина слоя утеплителя

$$\delta''_1 = R''_1 \cdot \lambda''_1 = 4.1 \cdot 0.058 = 0.2378 \quad \text{м}$$

Толщину слоя округляем до стандартной величины

$$\delta''_1 = 0.25 \quad \text{м}$$

Определим действительное термическое сопротивление

$$R''_1 = \frac{\delta''_1}{\lambda''_1} = \frac{0.25}{0.058} = 4.31 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Фактическое термическое сопротивление

$$R''_{\text{о.ф}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R''_1 + R''_2 + R''_3 + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} \quad (3.11)$$

$$R''_{\text{о.ф}} = \frac{1}{8.7} + 4.31 + 0.004 + 0.3571 + \frac{1}{23} = 4.83 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

При $R_{\text{тр}2} = 4.62$ условие $R''_{\text{о.ф}} \geq R_{\text{req}2}$ выполняется

Таблица 3.1 Термические сопротивления ограждающих конструкций здания

Ограждающая конструкция	Фактическое термическое сопротивление, R	Требуемое термическое сопротивление R _{тр}
Несущая стена	3,583	3,516
Чердачное перекрытие	4,66322079	4,62
Пол	4,82952079	4,62
Окно	0,651	0,651
Входная дверь	1,15	1,15

Как видим из таблицы во всех случаях термическое сопротивление перекрытий

$$R \geq R_{тр}$$

Эффективность используемой теплоизоляции для заданного здания с учетом местных климатических условий соблюдена.

4. РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ

4.1. Определение площади ограждающих конструкций

Площадь ограждения определяется:

1. Поверхность окон, дверей – по наименьшим размерам проемов к свету.
2. Поверхность потолков и полов в угловых помещениях – от внутренней поверхности наружных стен до осей противоположных стен, а в неугловых – между осями внутренних стен и от внутренней поверхности наружной стены до оси противоположной стены.
3. Высота стен этажа при расположении пола на лагах – от нижнего уровня подготовки пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия.
4. Длина наружных стен в неугловых помещениях – между осями внутренних стен, а в угловых – от внешних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен.
5. Поверхность участков полов на лагах, расположенных возле угла наружных стен в первой двухметровой зоне вводится в расчет дважды.

Для подсчета поверхности ограждающих конструкций линейные размеры их принимаются с точностью до 0,1 м. Поверхности отдельных ограждающих конструкций подсчитываются с точностью до 0,1 м².

4.2. Расчет основных теплопотерь

Расчет теплопотерь помещений необходимо производить в точном соответствии с действующими нормами.

При определении потерь тепла через строительные ограждения следует учитывать основные и добавочные потери тепла. Расчет теплопотерь производится по формуле:

$$Q_{огр} = \frac{1}{R} \cdot A \cdot (t_{вн} - t_{нар}) \cdot n \cdot (1 + \Sigma \beta) \quad (4.1)$$

где

$Q_{огр}$ - основные потери тепла ограждением (Вт);

A - площадь отдельных ограждений, м²;

n - коэффициент, учитывающий положение ограждающей конструкции относительно холодного воздуха;

$n_1 = 1$ для наружных стен;

$n_2 = 0.6$ для перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов;

$n_3 = 0.9$ Для перекрытий чердачных (с кровлей из рулонных материалов либо мягкой черепицей);

$(1 + \Sigma \beta)$ - добавочные теплопотери (%).

4.3. Расчет добавочных теплопотерь.

Добавочные теплопотери учитываются только для вертикальных и наклонных ограждений (стены, окна, двери).

Для наружных стен:

Защищенных от ветра $\beta_{1\text{заш}} = 0.05$

Не защищенных от ветра $\beta_{1\text{незаш}} = 0.1$

Ориентация ограждения относительно сторон света

$\beta_{2\text{север.восток}} = 0.1$

$\beta_{2\text{запад}} = 0.05$

$\beta_{2\text{юг}} = 0$

Наличие двух и более наружных стен

$\beta_3 = 0.05$

Врывание холодного воздуха через наружные двери

$\beta_4 = 1$

4.4. Инфильтрация холодного воздуха через ограждения

Расход наружного воздуха, поступающего в помещение в результате инфильтрации в расчетных условиях, зависит от объемно-планировочного решения здания, а так же от плотности окон, балконных дверей, витражей. Задача инженерного расчета сводится к определению расхода инфильтрационного воздуха $G_{\text{г}}$ через отдельные ограждения каждого помещения. Инфильтрация через стены и покрытия невелика, поэтому ею обычно пренебрегают и рассчитывают только через заполнение световых проемов, а так же через закрытые двери, в том числе и те, которые при обычном режиме эксплуатации не открываются.

Расчет выявляет максимально возможную инфильтрацию, поэтому считается, что каждое окно или дверь находится на наветренной стороне здания.

Расход инфильтрационного воздуха через 1 м² окна или двери производится по формулам:

для окон

$$G_{0.\text{окон}} = \frac{1}{R_{\text{инф.ок}}} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}} \quad (4.2)$$

для входной двери

$$G_{0.\text{двери}} = \frac{1}{R_{\text{инф.дв}}} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4.3)$$

$R_{\text{инф.ок}}, R_{\text{инф.дв}}$ - фактическое сопротивление воздухопроницанию соответственно окна и двери (при $\Delta p_0 = 10 \text{ Па}$)

$$R_{\text{инф.ок}} = 0.39 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}{\text{кг}} \quad R_{\text{инф.дв}} = 0.15 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}{\text{кг}}$$

Определяем расчетную разность давлений для окна или двери. Определяется при

расчетных параметрах наружного и внутреннего воздуха (температурах t_n и t_h , плотностях ρ_n и ρ_h , скорости ветра v) по формуле:

$$\Delta p = (H - h) \cdot (\rho_n - \rho_h) \cdot g + \frac{\rho_n \cdot v^2}{2} \cdot K_{\text{дин}} \cdot (c_n - c_3) - p_B \quad (4.4)$$

где $H = 5 \text{ м}$ - высота здания;

$h = 2 \text{ м}$ - расстояние от земли до центра окна или двери;

$g = 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ - ускорение свободного падения;

$\rho_n = \frac{353}{273 + t_{\text{нар}}} = \frac{353}{273 + -33} = 1.471 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - плотность воздуха снаружи помещения;

$\rho_h = \frac{353}{273 + t_{\text{вн}}} = \frac{353}{273 + 22} = 1.197 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - плотность воздуха внутри помещения;

$K_{\text{дин}} = 0.75$ - коэффициент учета изменения скорости ветра в различных типах местности;

$c_n = 0.8$ $c_3 = -0.6$ - аэродинамические коэффициенты показывающие, какую долю от динамического давления ветра составляет формируемое им статическое давление на каком-либо фасаде здания;

$v = 3.8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - средняя скорость ветра для заданного города (с октября по май);

p_B - внутреннее давление. Обычно приближенно принимается по формуле:

$$p_B = 0.5 \cdot H \cdot (\rho_n - \rho_h) \cdot g + \frac{0.5 \cdot \rho_n \cdot v^2}{2} \cdot K_{\text{дин}} \cdot (c_n - c_3) \quad (4.5)$$

$$p_B = 0.5 \cdot 5 \cdot (1.471 - 1.197) \cdot 9.8 + \frac{0.5 \cdot 1.471 \cdot 3.8^2}{2} \cdot 0.75 \cdot (0.8 - -0.6) = 12.289 \text{ Па}$$

По формуле определим расчетную разность давлений:

$$\Delta p = (H - h) \cdot (\rho_n - \rho_h) \cdot g + \frac{\rho_n \cdot v^2}{2} \cdot K_{\text{дин}} \cdot (c_n - c_3) - p_B \quad (4.6)$$

$$\Delta p = (5 - 2) \cdot (1.471 - 1.197) \cdot 9.8 + \frac{1.471 \cdot 3.8^2}{2} \cdot 0.75 \cdot (0.8 - -0.6) - 12.29 = 6.917 \text{ Па}$$

Находим расход инфильтрационного воздуха

- для 1 м^2 окна:

$$G_{0.окон} = \frac{1}{R_{инф.ок}} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{1}{0.39} \cdot \left(\frac{6.917}{10} \right)^{\frac{2}{3}} = 2.005 \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}} \quad (4.7)$$

- для 1 м² двери

$$G_{0.двери} = \frac{1}{R_{инф.дв}} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.15} \cdot \sqrt{\frac{6.917}{10}} = 5.545 \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}} \quad (4.8)$$

Удельный расход теплоты на нагрев инфильтрационного воздуха определяется по формуле

Для двери

$$Q_{инф.дв} = 0.28 \cdot G_{0.двери} \cdot c \cdot (t_{вн} - t_{нар}) \cdot k \quad (4.9)$$

$$c = 1.006 \quad \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \quad - \text{удельная теплоемкость воздуха;}$$

$k = 0.7$ - коэффициент влияния встречного теплового потока;

$$Q_{инф.дв} = 0.28 \cdot G_{0.двери} \cdot c \cdot (t_{вн} - t_{нар}) \cdot k = 0.28 \cdot 5.545 \cdot 1.006 \cdot (22 - (-33)) \cdot 0.7 = 60.13 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Для 1 м² окна

$$Q_{инф.ок} = 0.28 \cdot G_{0.окон} \cdot c \cdot (t_{вн} - t_{нар}) \cdot k \quad (4.10)$$

$$c = 1.006 \quad \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \quad - \text{удельная теплоемкость воздуха;}$$

$k = 0.9$ - коэффициент влияния встречного теплового потока.

$$Q_{инф.ок} = 0.28 \cdot G_{0.окон} \cdot c \cdot (t_{вн} - t_{нар}) \cdot k = 0.28 \cdot 2.005 \cdot 1.006 \cdot (22 - (-33)) \cdot 0.9 = 27.96 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

4.5. Составление таблицы теплопотерь через ограждающие конструкции.

При составлении таблицы теплопотерь в здании опираемся на формулу (4.1) с помощью которой определяем тепловой поток через ограждающие конструкции. Также учитываем удельный расход теплоты на нагрев инфильтрационного воздуха (4.9), (4.10), который нужно соответственно перемножить в таблице на площадь оконных проемов, дверей.

Обобщим расчет теплопотерь в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Теплотери здания

Помещение	Ограждающая констр.	Ориентация	Площадь, м ²	Наружн. Темпер, °C	Внутр. Темпер, °C	Коэфф-т n	Добавочн потери (1+β)	Сопротивление R, м ² ·°C/Вт	Q _{огр} , Вт	Q _{инф} , Вт	ΣQ, Вт
Спальня	ПОЛ		9,44	-33	22	0,6	1	4,66322	66,8036		66,8036
	ЧЕРДАК		9,44			0,9	1	4,82952	96,7549		96,7549
	СТЕНА	З	12,72			1	1,15	3,583	224,544		224,544
	СТЕНА	Ю	7,47			1	1,1	3,583	126,133		126,133
	ОКНО	Ю	1,56			1	1,1	0,651	144,977	43,6176	188,595
										Всего, Вт	702,83
Спальня	ПОЛ		14,4	-33	22	0,6	1	4,66322	101,904		101,904
	ЧЕРДАК		14,4			0,9	1	4,82952	147,592		147,592
	СТЕНА	З	10,86			1	1,15	3,583	191,709		191,709
	СТЕНА	С	13,158			1	1,2	3,583	242,375		242,375
	ОКНО	З	1,56			1	1,15	0,651	151,567	43,6176	195,184
	ОКНО	С	0,462			1	1,2	0,651	46,8387	12,91752	59,7562
										Всего, Вт	938,521
Спальня	ПОЛ		9,72	-33	22	0,6	1	4,66322	68,7851		68,7851
	ЧЕРДАК		9,72			0,9	1	4,82952	99,6248		99,6248
	СТЕНА	С	7,44			1	1,2	3,583	137,047		137,047
	ОКНО	С	1,56			1	1,2	0,651	158,157	43,6176	201,774
										Всего, Вт	507,231
Бойлерная	ПОЛ		6,3	-33	22	0,6	1	4,66322	44,5829		44,5829
	ЧЕРДАК		6,3			0,9	1	4,82952	64,5716		64,5716
	СТЕНА	С	13,878			1	1,2	3,583	255,637		255,637
	СТЕНА	В	6,12			1	1,2	3,583	112,732		112,732
	ОКНО	С	0,432			1	1,2	0,651	43,7972	12,07872	55,876
										Всего, Вт	533,4
Гостиная	ПОЛ		15,96	-33	22	0,6	1	4,66322	112,943		112,943
	ЧЕРДАК		15,96			0,9	1	4,82952	163,581		163,581
	СТЕНА	В	10,26			1	1,2	3,583	188,992		188,992
	ОКНО	В	1,56			1	1,2	0,651	158,157	43,6176	201,774
										Всего, Вт	667,292
Кухня	ПОЛ		8,4	-33	22	0,6	1	4,66322	59,4439		59,4439
	ЧЕРДАК		8,4			0,9	1	4,82952	86,0955		86,0955
	СТЕНА	В	7,14			1	1,2	3,583	131,521		131,521
	СТЕНА	Ю	12,48			1	1,1	3,583	210,728		210,728
	ОКНО	Ю	1,56			1	1,1	0,651	144,977	43,6176	188,595
	ОКНО	Ю	0,27			1	1,1	0,651	25,0922	7,5492	32,6414
										Всего, Вт	709,025
Тамбур	ПОЛ		3,15	-33	22	0,6	1	4,66322	22,2915		22,2915
	ЧЕРДАК		3,15			0,9	1	4,82952	32,2858		32,2858
	СТЕНА	Ю	4,35			1	1,1	3,583	73,451		73,451
	Дверь	Ю	1,8			1	2	1,15	172,174	108,234	280,408
										Всего, Вт	408,436
Ванная	ПОЛ		3,06	-33	22	0,6	1	4,66322	21,6546		21,6546

Продолжение таблицы 4.1

Помещение	Ограждающая конструкция	Ориентация	Площадь, м ²	Наружн. Темпер, °С	Внутр. Темпер, °С	Коэф-т n	Добавочн потери (1+β)	Сопротивление R, м ² ·°С/Вт	Q _{огр} , Вт	Q _{инф} , Вт	ΣQ, Вт
	ЧЕРДАК		3,06			0,9	1	4,82952	31,3634		31,3634
	СТЕНА	Ю	3,624			1	1,1	3,583	61,1923		61,1923
	ОКНО	Ю	0,276			1	1,1	0,651	25,6498	7,71696	33,3667
										Всего, Вт	147,577
С/у	ПОЛ		2,39	-33	22	0,6	1	4,66322	16,9132		16,9132
	ЧЕРДАК		2,39			0,9	1	4,82952	24,4962		24,4962
	СТЕНА	Ю	7,17			1	1,1	3,583	121,068		121,068
										Всего, Вт	162,477
Холл	ПОЛ		5,06	-33	22	0,6	1	4,66322	35,8079		35,8079
	ЧЕРДАК		5,06			0,9	1	4,82952	51,8623		51,8623
										Всего, Вт	87,6702
										Суммарно	4864,46

4.6. Определение теплового потока потребного на нагрев приточного воздуха.

4.6.1. Определение кратности воздухообмена в жилом помещении.

Кратность воздухообмена в жилом помещении — это показатель интенсивности замены воздуха за определённый период времени, обычно за один час. Он показывает, сколько раз в течение часа воздух полностью обновляется за счёт притока свежего воздуха и удаления отработанного. Например, кратность 1 означает, что объём воздуха в помещении полностью сменяется 1 раз в час.

От кратности зависит качество воздушной среды: чем выше кратность, тем быстрее удаляются загрязнения, излишки влаги, CO₂ и неприятные запахи. И наоборот, при низкой кратности воздух застаивается, накапливая вредные вещества.

Нормативные значения кратности воздухообмена для различных типов помещений регламентируются строительными правилами и санитарными нормами. Некоторые типовые значения:

Жилые комнаты и спальни — 0,5–1 час⁻¹.

Кухни с электроплитами — 1–1,5 час⁻¹.

Кухня с газовой плитой — 2–3 час⁻¹, но не менее 90 м³/ч.

Ванная комната — 6–8 час⁻¹, но не менее 50 м³/ч.

Определим потребный объём забираемого наружного воздуха для обеспечения норм по воздухообмену.

Таблица 4.2

Помещение	Площадь помещения, м ²	Объём помещения, м ³	Кратность воздухообмена	Требуемый показатель воздухообмена, м ³ /ч
Спальня	9,44	25,488	1	25,488
Спальня	14,4	38,88	1	38,88
Спальня	9,72	26,244	1	26,244
Бойлерная	6,3	17,01	1	17,01
Гостиная	15,96	43,092	1	43,092
Кухня	8,4	22,68	2,5	56,7
Тамбур	3,15	8,505	1	8,505
Ванная	3,06	8,262	7	57,834
С/у	2,39	6,453	7	45,171
Холл	5,06	13,662	1	13,662

4.6.2. Определение теплового потока на нагрев приточного воздуха

Тепловой поток, требуемый на нагрев приточного воздуха

$$Q_{\text{приток}} = 0,28 \cdot G_{\text{приток}} \cdot c \cdot (t_{\text{вн}} \cdot \rho_{\text{в}} - t_{\text{нар}} \cdot \rho_{\text{н}}) = 0,28 \cdot 332,59 \cdot 1,006 \cdot (22 \cdot 1,197 - (-33) \cdot 1,471) \quad (4.11)$$

$$Q_{\text{приток}} = 7,015 \times 10^3 \cdot \text{Вт}$$

Расчет бытовых теплопоступлений (от газовых плит, утюгов, сушилок и пр.) в расчет не берем ввиду несистематичного ими пользования.

Теплопотребность здания

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{приток}} + Q_{\text{огражд}} = 7014.8 + 4864.5 = 1.188 \times 10^4 \cdot \text{Вт} \quad (4.12)$$

$$Q_{\text{от}} = 11.879 \cdot \text{кВт}$$

5. ВЫБОР ОТОПИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.

5.1. Выбор типа газового котла.

Для нашего случая выберем настенный двухконтурный котел с закрытой камерой сгорания.

Данное устройство одновременно обеспечивает отопление помещения и горячее водоснабжение.

Обоснование выбора данного типа газового котла.

1. Безопасность. Воздух для процесса горения забирается непосредственно с улицы, а продукты сгорания туда же и выводятся. Это исключает вероятность попадания угарного газа (СО) в комнату при исправной работе котла.
2. Экономия газа может достигать 15-20% по сравнению с одноконтурными котлами с открытой камерой горения.
3. Компактность и удобство монтажа. Их необязательно монтировать у наружной стены, так как коаксиальный дымоход можно проложить на несколько метров (но в пределах норм, указанных в паспорте котла).
4. Упрощенный монтаж дымохода: для него не нужно строить вертикальный кирпичный канал. Достаточно сделать одно отверстие в наружной стене для вывода коаксиальной трубы.
5. Автономность и независимость от тяги в дымоходе
Тяга создается встроенным вентилятором, а не зависит от природных факторов (ветра, температуры воздуха). Это делает работу котла стабильной и предсказуемой в любую погоду. Нет риска опрокидывания тяги (обратной тяги), когда дымовые газы начинают поступать в помещение.
6. Комфортное горячее водоснабжение, а именно мгновенный нагрев: горячая вода начинает поступать практически сразу после открытия крана. Не нужно устанавливать и нагревать большой бойлер заранее. Плюс ко всему экономия на отдельном водонагревателе: один прибор решает две задачи, что дешевле и удобнее, чем покупка и монтаж одноконтурного котла и бойлера косвенного нагрева.
7. Автоподжиг и модуляция пламени (горелка плавно регулирует мощность в зависимости от потребности).
8. Защита от замерзания: котел автоматически включится, если температура в системе упадет ниже +5°C.
9. Самодиагностика и индикация ошибок на дисплее.
10. Возможность подключения выносного термостата или погодозависимой автоматики для автоматического регулирования температуры теплоносителя для системы отопления.

Остановим свой выбор на модели котла марки Aderia российского производства.

5.2. Выбор мощности и марки отопительного прибора.

Необходимо выбрать запас по мощности 15-20% от расчетного значения.

В нашем случае потребная мощность котла составит

$$N_{\text{к}} = Q_{\text{от}} \cdot 1.15 = 11879.3 \cdot 1.15 = 1.366 \times 10^4 \cdot \text{Вт} \quad (5.1)$$

Выберем котел Aderia D14 - v3

Максимальная тепловая мощность котла $N_{\text{max}} = 15.4 \text{ кВт}$

5.3. Выбор вспомогательного оборудования.

К котлу в процессе монтажа подключаем:

- коллектор для радиаторного отопления ТИМ на 8 выходов.

Подающий коллектор - со встроенными балансирующими вентилями (0.5 - 5 л/мин) , межосевое - 50 мм, выхода 3/4" евроконус, автоматический воздухоотводчик и сливной кран.

Обратный коллектор - со встроенными термостатическими вентилями , межосевое - 50 мм, выхода 3/4" евроконус, автоматический воздухоотводчик и сливной кран.

- коллектор для теплого пола на 4 выхода.

1. Коллекторная группа из нержавеющей стали с расходомерами (Подающий коллектор из нержавеющей стали с расходомерами, Возвратный коллектор с отсечными клапанами, Регулируемый кронштейн для закрепления на стену - 2шт; Автоматический воздухоотводчик – 2шт, Кран дренажный 1/2 - 2шт);

2. Насосно-смесительного узел для тёплого пола предназначен для приготовления теплоносителя в системах водяных тёплых полов с температурой от 20 до 60 °С;

3. Циркуляционный насос 25-60 130мм;

Коллектора радиаторного отопления и теплого пола располагаем в прихожей, ближе к центру нагрузок, чтобы проще было балансировать подачу теплоносителя на линии.

Подводку от котла к коллекторам производим полипропиленовой трубой наружного диаметра 32мм (PN25) в техническом подполье.

Трубы монтируем к котлу муфтами американками (ППН32-3/4) и латунными шаровыми кранами ВР/НР 3/4 Dn 20.

На обратной трубе перед котлом устанавливаем косой фильтр (грязевик). Перед грязевиком устанавливаем кран шаровый для удобства обслуживания фильтра.

Для разводки радиаторного отопления используем трубы РЕ-Ха EVOH 16x2.2

Для разводки теплого пола используем трубы РЕ-RT 16x2.0

Выбираем расширительный бак для системы отопления 18 литров и устанавливаем его в обратную линию. Регулируем задаваемое давление на 1,5 атмосферы (согласно номинальному рабочему давлению для данной марки котла).

Данный котел снабжен собственным расширительным баком, но практика показывает, что они часто выходят из строя, а замена встроенного бака весьма трудоемкий и затратный процесс. Поэтому ставится дополнительный расширительный бак.

Подключаем к обратной ветке линию подпитки.

5.4 Выбор радиаторов отопления

Для этого необходимо рассчитать средний температурный напор, который определяется как разность между температурой теплоносителя в радиаторе и температурой воздуха в помещении

Температура входящей воды в радиатор $t_{\text{вх}} = 75 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Температура выходящей воды в радиатора $t_{\text{вых}} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Требуемая температура воздуха в помещении $t_{\text{вн}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\text{Тогда } \Delta T = \frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}}{2} - t_{\text{вн}} = \frac{75 + 65}{2} - 22 = 48.0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (5.2)$$

Согласно полученному температурному напору по таблицам теплового потока радиаторов по ГОСТ Р53583-2009 выбираем радиаторы

Таблица 5.1

Радиатор	Тип радиатора	Длина секции, см	Высота, см
1	22	1200	500
2	22	1400	500
3	22	1200	500
4	22	1000	500
5	22	1200	500
6	22	1200	500
7	22	1000	500
8	22	1000	500

Выбираем тепловой поток радиаторов

Таблица 5.2

Радиатор	Тепловой поток, кВт
1	1,8
2	2,101
3	1,8
4	1,485
5	1,8
6	1,8
7	1,485
8	1,485
Получилось	13,756
Потребно	13,661195

Итог: тепловой поток от радиаторов обеспечивает потребности здания в поддержании заданной температуры $t_{\text{вн}}$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсовой работы была скорректирована толщина теплоизоляционного слоя в ограждающих конструкциях (пол, стена, потолок) в соответствии с климатическими условиями.

Выбран тип котла, его мощность.

Выбрано вспомогательное оборудование - коллектор теплого пола, радиаторного отопления, расширительный бак.

Выбрана модель, тип, размеры радиаторов с потребным тепловым потоком для проектируемого здания.