

Многоквартирный жилой дом в городе Екатеринбурге

Теплотехнический расчет

1-48-ТФ-04-3

Технический специалист:

Потовой С. М.

Руководитель подразделения:

Шелестов А. В.

2017



Содержание

1. Описание конструкции, выбранной для расчета	3
2. Перечисление элементов составляющих стеновую конструкцию.....	4
3. Расчет приведенного сопротивления теплопередачи.....	6
4. Геометрические характеристики объекта	7
5. Расчет удельных потерь теплоты, обусловленных элементами.....	8
6. Расчет приведенного сопротивления теплопередачи стены.....	19
Список используемой литературы.	21

1. Описание конструкции, выбранной для расчета

Системы фасадные теплоизоляционные, композиционные с наружными штукатурными слоями. В здании применены четыре типа наружных стен.

Тип стен 1 (С3). Наружный слой стены выполнен из декоративной штукатурной смеси марки Ceresit. В качестве утеплителя применяется минераловатный утеплитель ТЕХНОФАС ОПТИМА, толщиной 150 мм. Внутренний слой стены выполняются из кирпича керамического пустотелого, толщиной 250 мм.

Тип стен 2(С3.1). Наружный слой стены выполнен из декоративной штукатурной смеси марки Ceresit. В качестве утеплителя применяется минераловатный утеплитель ТЕХНОФАС ОПТИМА, толщиной 300 мм. Внутренний слой стены выполняются из кирпича керамического пустотелого, толщиной 250 мм.

Тип стен 3 (С5). Наружный слой стены выполнен из декоративной штукатурной смеси марки Ceresit. В качестве утеплителя применяется минераловатный утеплитель ТЕХНОФАС ОПТИМА, толщиной 150 мм. Внутренний слой стены выполняются из монолитного железобетона, толщиной 250 мм.

Тип стен 4 (С5.1). Наружный слой стены выполнен из декоративной штукатурной смеси марки Ceresit. В качестве утеплителя применяется минераловатный утеплитель ТЕХНОФАС ОПТИМА, толщиной 300 мм. Внутренний слой стены выполняются из монолитного железобетона, толщиной 250 мм.

Высота этажа от пола до пола принята 3000 мм. Перекрытия монолитные железобетонные, толщиной 180 мм. Толщина оконной рамы 70 мм. Перекрытие, в местах расположения лоджий, имеют перфорацию 1/1,8. В качестве утеплителя применяется плиты ПСБ-С-25, толщиной 150 мм.

Крепление утеплителя осуществляется с помощью тарельчатых полимерных анкеров с забивным металлическим распорным элементом и теплоизоляционной головкой. Расход 8 шт. на 1 м² площади фасада.

Состав стен (изнутри наружу) представлен в таблице 1.

Таблица 1.

№	Материал слоя	Толщина δ, мм	Теплопроводность λ, Вт/ (м°С)
Тип 1			
1	Кладка из кирпича керамического пустотелого	250	0,58
2	ТЕХНОФАС ОПТИМА	150	0,040
3	Штукатурка Ceresit	-	-

Продолжение таблицы 1.

Тип 2			
1	Кладка из кирпича керамического пустотелого	250	0,58
2	ТЕХНОФАС ОПТИМА	300	0,040
3	Штукатурка Ceresit	-	-
Тип 3			
1	Монолитный ж/б	250	1,92
2	ТЕХНОФАС ОПТИМА	150	0,040
3	Штукатурка Ceresit	-	-
Тип 4			
1	Монолитный ж/б	250	1,92
2	ТЕХНОФАС ОПТИМА	300	0,040
3	Штукатурка Ceresit	-	-

2. Перечисление элементов составляющих стеновую конструкцию

Согласно приложению А, СП 230.1325800.2015 для системы фасадной теплоизоляционной, композиционной с наружным штукатурным слоем характерны следующие элементы:

- 1) крепеж утеплителя (тарельчатый анкер);
- 2) сопряжение с балконной плитой;
- 3) стыки с оконными блоками;
- 4) примыкание к цокольному ограждению;
- 5) углы;
- 6) стык с другими видами стеновых конструкций (при наличии).

Узел примыкание стены к цокольному ограждению и стыки с другими видами стеновых конструкций отсутствуют.

Оставшиеся элементы подробно описаны в таблице 2.

Таблица 2.

№	Тип элемента	Описание элемента
1	Плоский элемент 1	1 тип наружных стен (С 3)
2	Плоский элемент 2	2 тип наружных стен (С 3.1)
3	Плоский элемент 3	3 тип наружных стен (С 5)
4	Плоский элемент 4	4 тип наружных стен (С 5.1)
5	Линейный элемент 1	сопряжение с балконной плитой
6	Линейный элемент 2	примыкание оконного блока к типу стен 1
7	Линейный элемент 3	примыкание оконного блока к типу стен 3
8	Линейный элемент 4	вогнутый угол
9	Линейный элемент 5	выпуклый угол
10	Точечный элемент 1	крепление утеплителя к стене

Таким образом в рассматриваемом фрагменте ограждающих конструкций насчитывается 4 плоских, 5 линейных и 1 точечный элемент.

3. Расчет приведенного сопротивления теплопередачи

Здание представляет собой многоквартирный жилой дом, расположенный в г. Екатеринбурге. Расчетные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3.

№	Параметр	Значение	Ед. изм.
1	Местоположение	Екатеринбург	
2	Условия эксплуатации ограждающих конструкций	А	
3	Температура воздуха в холодный период	-32	°С
4	Средняя температура отопительного периода, $t_{от}$	-5,4	°С
5	Продолжительность отопительного периода, $Z_{от}$	221	суток
6	Температура внутри помещения, $t_{в}$	+21	°С
7	Влажность	55	%
8	Вид здания	Жилые	
9	Тип конструкции	Стены	

Согласно таблицы 1, СП 50.13330.2012 при температуре внутреннего воздуха здания $t_{int}=+21^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха $\varphi_{int}=55\%$ влажностный режим помещения устанавливается, как - нормальный.

Определим базовое значение требуемого сопротивления теплопередачи R_0^{TP} , исходя из нормативных требований к приведенному сопротивлению теплопередаче (п. 5.2) СП 50.13330.2012) согласно формуле:

$$R_0^{TP} = a * ГСОП + b$$

Где, а и b- коэффициенты, значения которых следует приниматься по данным таблицы 3 СП 50.13330.2012 для соответствующих групп зданий.

Так для ограждающей конструкции вида- наружные стены и типа здания –жилые:

$$a=0.00035;$$

$$b=1.4$$

Определим градусо-сутки отопительного периода ГСОП, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}/\text{год}$ по формуле (5.2) СП 50.13330.2012

$$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{от}) * z_{от} = (21 - (-5.4)) * 221 = 5834,4^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}/\text{год}$$

По формуле в таблице 3 СП 50.13330.2012 определяем базовое значение требуемого сопротивления теплопередачи R_0^{TP} ($\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$).

$$R_0^{TP} = 0.00035 \cdot 5834,4 + 1.4 = 3,442 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

По формуле (5.1) СП 50.13330.2012 определим нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции:

$$R_o^{\text{норм}} = R_o^{\text{тп}} * m_p = 3,442 * 1 = 3,442 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

m_p - коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете по формуле (5.1), принимаем равным: $m_p = 1$.

4. Геометрические характеристики объекта

Значения геометрических показателей для всех элементов здания сведены в таблицу 4.

Таблица 4

Наименование элемента	Геометрический показатель	Площадь объекта	Удельный геометрический показатель
Плоский элемент 1	3080,7 м ²	6825,5 м ²	0,451 м ² / м ²
Плоский элемент 2	1233,2 м ²		0,181 м ² / м ²
Плоский элемент 3	2104 м ²		0,308 м ² / м ²
Плоский элемент 4	407,6 м ²		0,060 м ² / м ²
Линейный элемент 1	1301,2 м		0,191 м/ м ²
Линейный элемент 2	4825,4 м		0,707 м/ м ²
Линейный элемент 3	324,3 м		0,048 м/ м ²
Линейный элемент 4	862,8 м		0,126 м/ м ²
Линейный элемент 5	1150,4 м		0,169 м/ м ²
Точечный элемент 1	54604 шт.		8 шт/ м ²

Геометрические показатели рассчитывались по чертежам, приложенным к заданию на теплотехнический расчет.

5. Расчет удельных потерь теплоты, обусловленных элементами.

Плоский элемент 1- 1 тип наружной стены (С3).

Условное сопротивление теплопередаче, $R_{0,1}^{усл}$ ($\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}$), для **плоского элемента 1**, определим по формуле (Е.6) СП 50.13330.2012:

$$R_{0,1}^{усл} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum \frac{\delta_n}{\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

где α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$, принимаемый по таблице 4 СП 50.13330.2012:

$$\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$$

α_{ext} - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, принимаемый по таблице 6 СП 50.13330.2012:

$$\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$$

$$R_{0,1}^{усл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{0,58} + \frac{0,15}{0,04} + \frac{1}{23} = 4,339 \text{ (м}^2 * \text{°C)}/\text{Вт}$$

Удельные потери теплоты U_1 , через **плоский элемент 1**, определим по формуле (Е.3) СП 50.13330.2012:

$$U_1 = \frac{1}{R_{0,1}^{усл}} = \frac{1}{4,339} = 0,203 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{°C})$$

Площадь a_1 , **плоского элемента 1**, приходящаяся на 1 м^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, $\text{м}^2/\text{м}^2$ определим по формуле (Е.2) СП 50.13330.2012:

$$a_1 = \frac{A_1}{\sum A_i} = \frac{3080,7}{6825,5} = 0,451 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$$

Плоский элемент 2- 2 тип наружной стены (С 3.1).

Условное сопротивление теплопередаче, $R_{0,2}^{усл}$ ($\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}$), для **плоского элемента 2**, определим по формуле (Е.6) СП 50.13330.2012:

$$R_{0,2}^{усл} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum \frac{\delta_n}{\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

где α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$, принимаемый по таблице 4 СП 50.13330.2012:

$$\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$$

α_{ext} - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, принимаемый по таблице 6 СП 50.13330.2012:

$$\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$$

$$R_{0,2}^{усл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{0,58} + \frac{0,30}{0,04} + \frac{1}{23} = 8,089 \text{ (м}^2 * \text{°C)}/\text{Вт}$$

Удельные потери теплоты U_2 , через **плоский элемент 2**, определим по формуле (Е.3) СП 50.13330.2012:

$$U_2 = \frac{1}{R_{0,2}^{усл}} = \frac{1}{8,089} = 0,124 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{°C})$$

Площадь a_2 , **плоского элемента 2**, приходящаяся на 1 м^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, $\text{м}^2/\text{м}^2$ определим по формуле (Е.2) СП 50.13330.2012:

$$a_2 = \frac{A_2}{\sum A_i} = \frac{1233,2}{6825,5} = 0,181 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$$

Плоский элемент 3- 3 тип наружной стены (С 5).

Условное сопротивление теплопередаче, $R_{0,3}^{усл}$ ($\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}$), для **плоского элемента 3**, определим по формуле (Е.6) СП 50.13330.2012:

$$R_{0,3}^{усл} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum \frac{\delta_n}{\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

где α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$, принимаемый по таблице 4 СП 50.13330.2012:

$$\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$$

α_{ext} - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, принимаемый по таблице 6 СП 50.13330.2012:

$$\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$$

$$R_{0,3}^{усл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{1,92} + \frac{0,15}{0,04} + \frac{1}{23} = 4,039 \text{ (м}^2 * \text{°C)}/\text{Вт}$$

Удельные потери теплоты U_3 , через **плоский элемент 3**, определим по формуле (Е.3) СП 50.13330.2012:

$$U_3 = \frac{1}{R_{0,3}^{усл}} = \frac{1}{4,039} = 0,248 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{°C})$$

Площадь a_3 , **плоского элемента 3**, приходящаяся на 1 м^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, $\text{м}^2/\text{м}^2$ определим по формуле (Е.2) СП 50.13330.2012:

$$a_3 = \frac{A_3}{\sum A_i} = \frac{2104}{6825,5} = 0,308 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$$

Плоский элемент 4 - 4 тип наружной стены (С 5.1).

Условное сопротивление теплопередаче, $R_{0,4}^{усл}$ ($\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}$), для **плоского элемента 4**, определим по формуле (Е.6) СП 50.13330.2012:

$$R_{0,4}^{усл} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum \frac{\delta_n}{\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

где α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$, принимаемый по таблице 4 СП 50.13330.2012:

$$\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$$

α_{ext} - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, принимаемый по таблице 6 СП 50.13330.2012:

$$\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$$

$$R_{0,4}^{усл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{1,92} + \frac{0,30}{0,04} + \frac{1}{23} = 7,789 \text{ (м}^2 * \text{°C)}/\text{Вт}$$

Удельные потери теплоты U_4 , через **плоский элемент 4**, определим по формуле (Е.3) СП 50.13330.2012:

$$U_4 = \frac{1}{R_{0,4}^{усл}} = \frac{1}{7,789} = 0,128 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{°C})$$

Площадь a_4 , **плоского элемента 4**, приходящаяся на 1 м^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, $\text{м}^2/\text{м}^2$ определим по формуле (Е.2) СП 50.13330.2012:

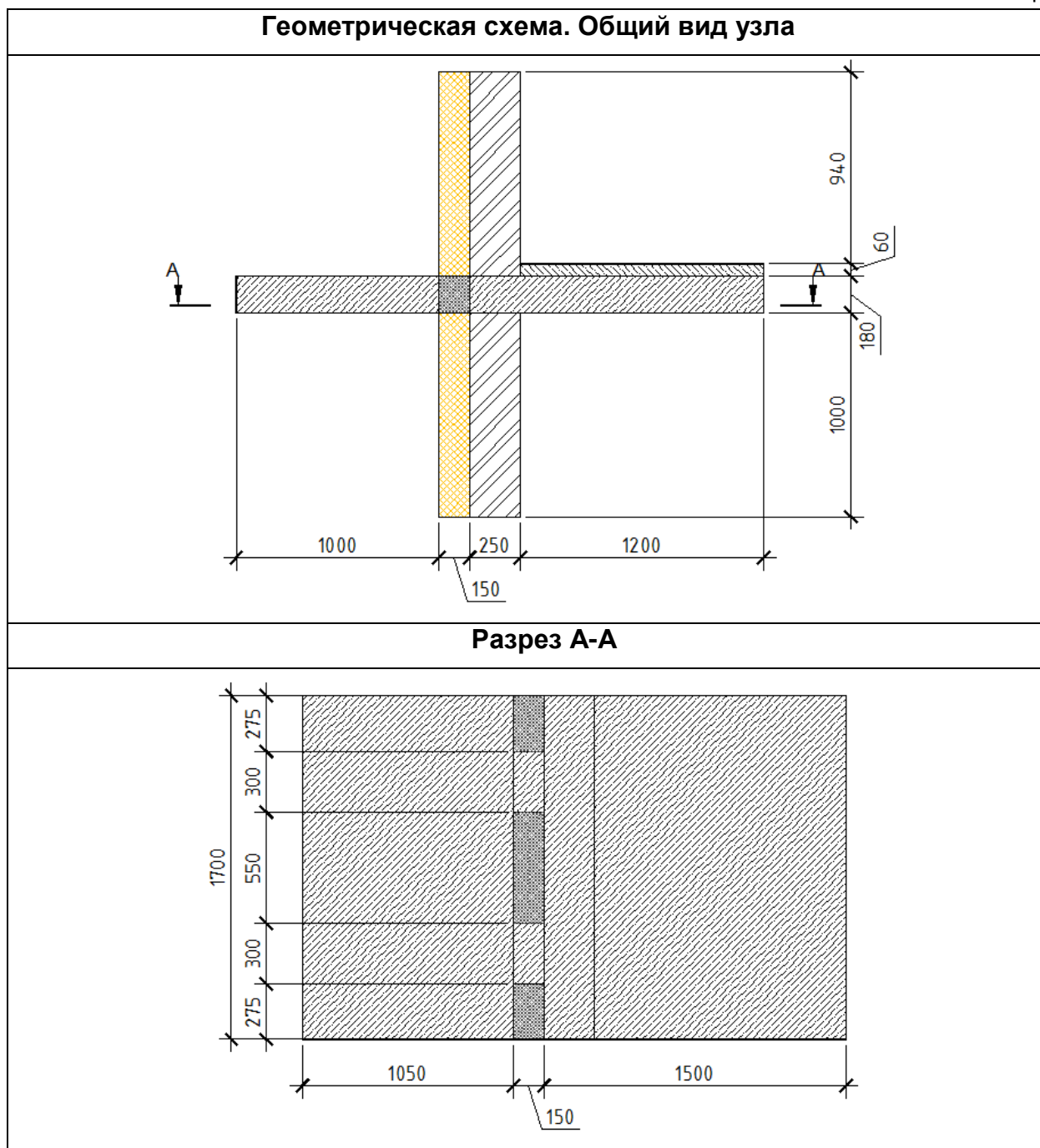
$$a_4 = \frac{A_4}{\sum A_i} = \frac{407,6}{6825,5} = 0,060 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$$

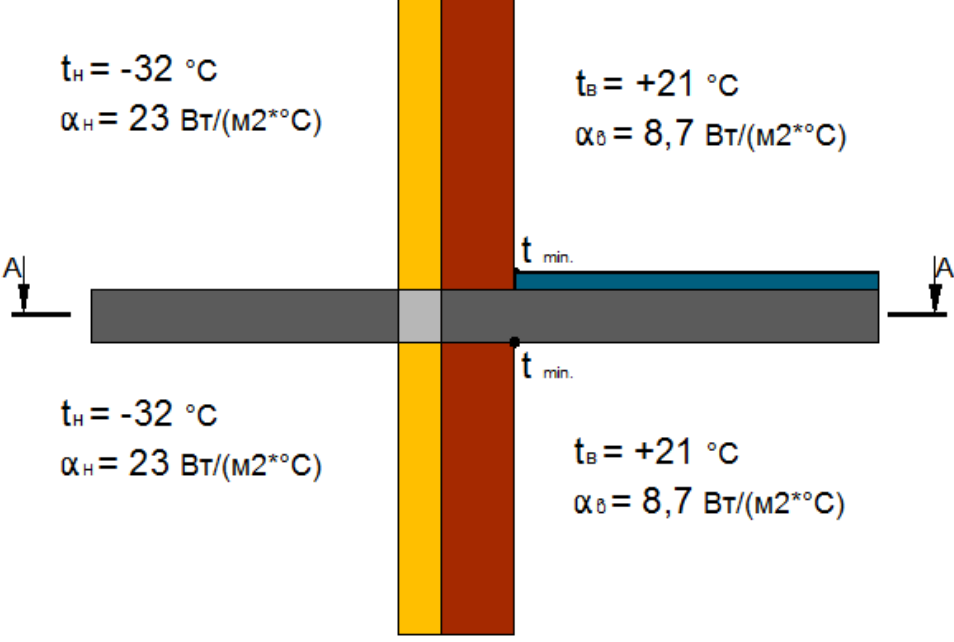

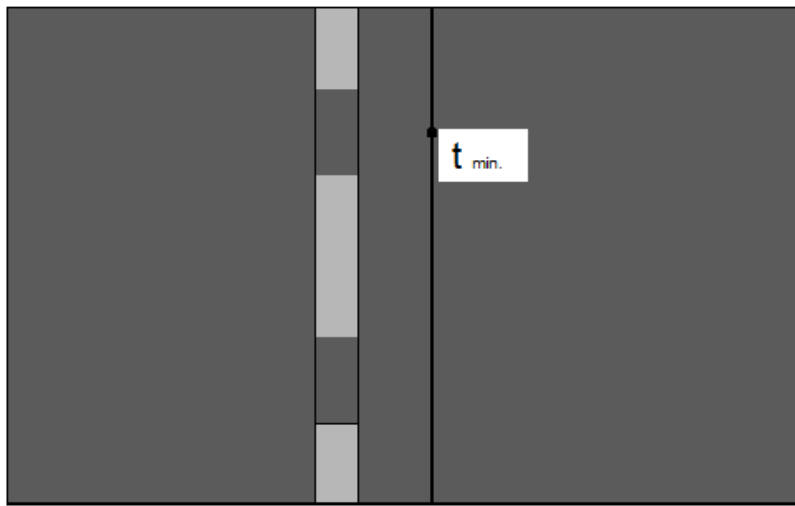
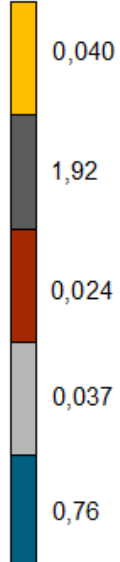
Линейный элемент 1 - сопряжение с балконной плитой

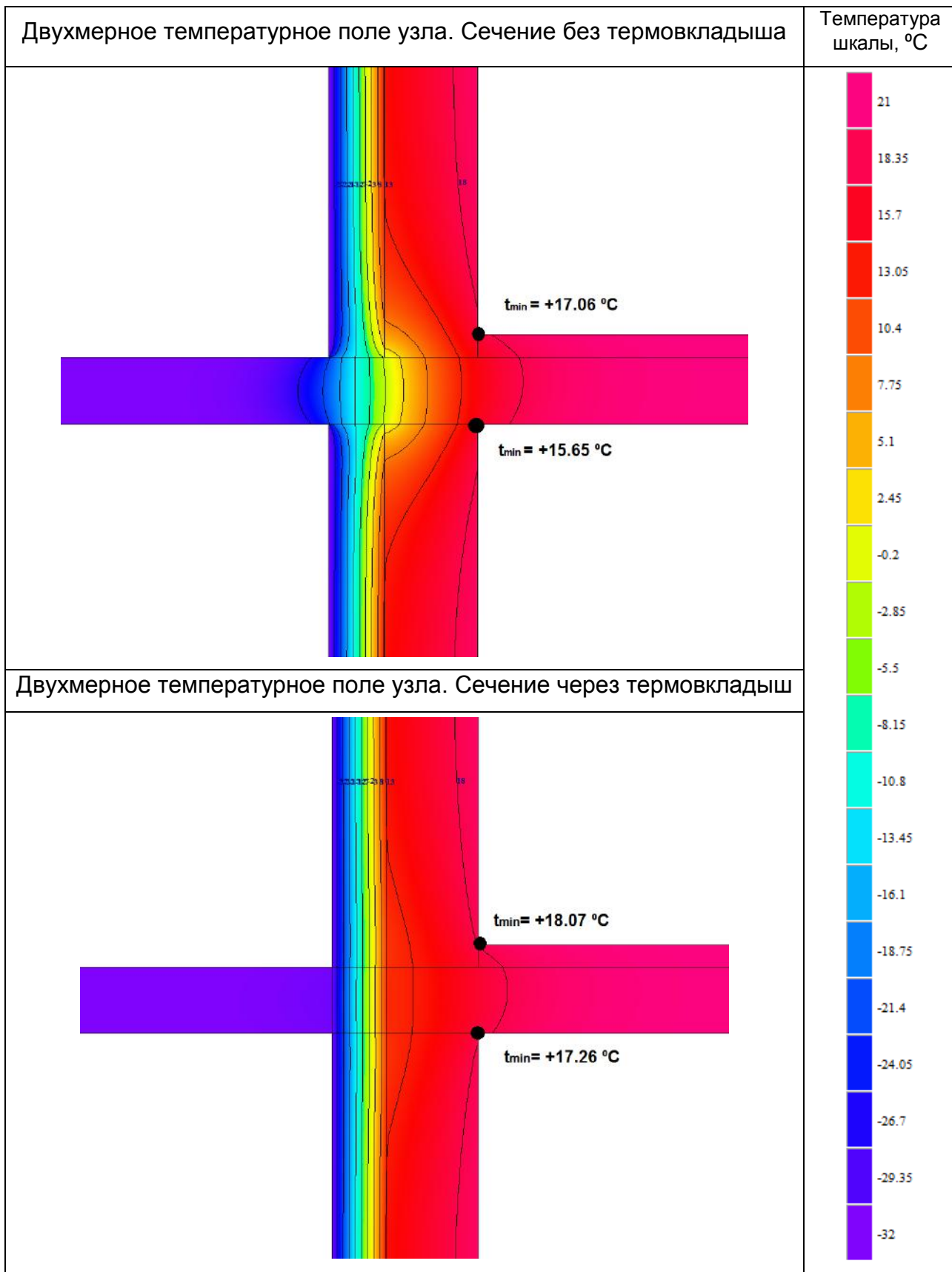
Для **линейного элемента 1** рассчитывается температурное поле узла конструкции, содержащего элемент. Определяется величина Q_1^L , Вт/м, - потери теплоты через участок фрагмента с данным линейным элементом, приходящиеся на 1 пог. м.

Графическое представление результатов расчета представлено в таблице 5

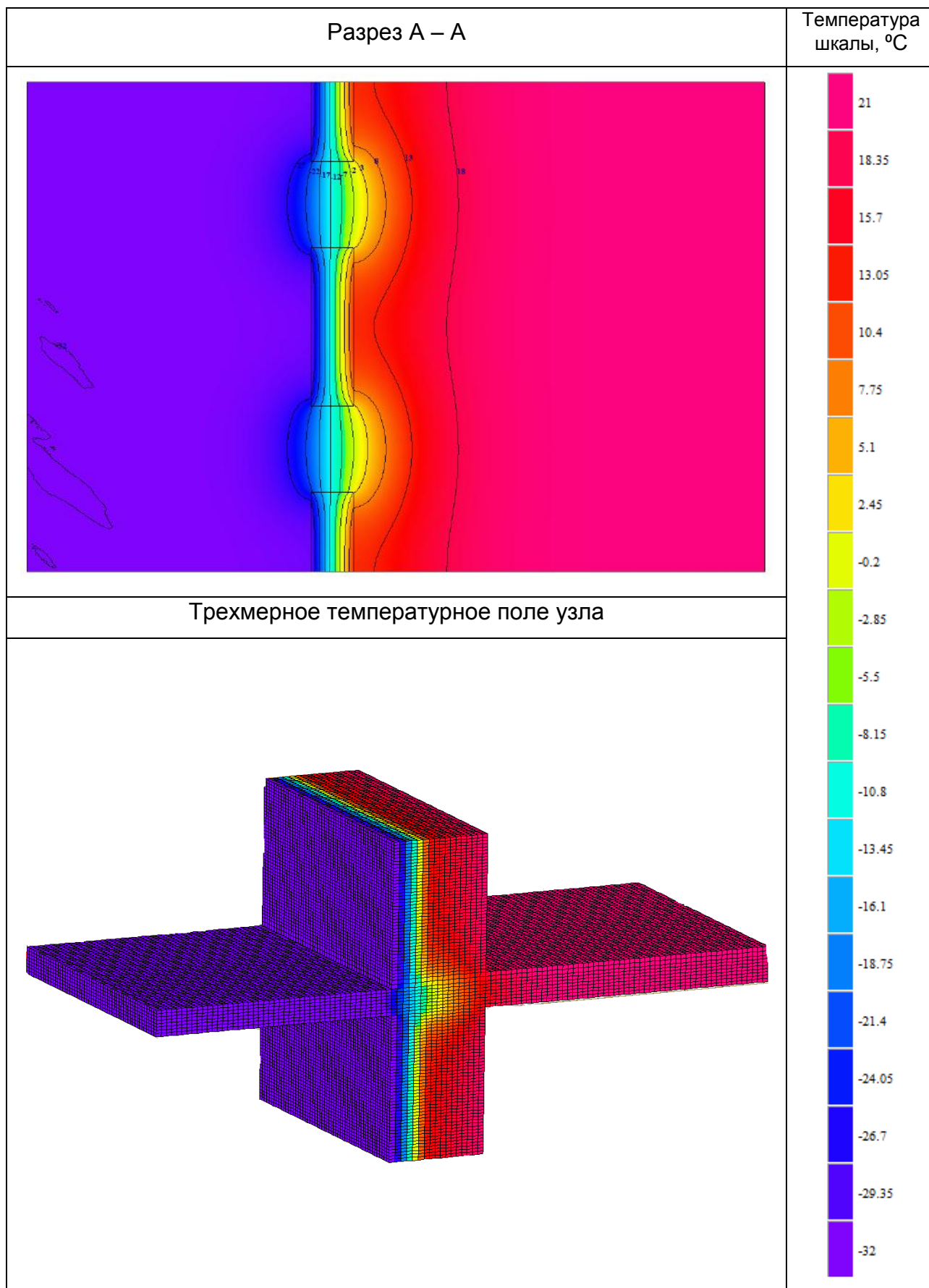
Таблица 5.



Расчетная схема	Материал
 <p> $t_H = -32 \text{ }^\circ\text{C}$ $\alpha_H = 23 \text{ Вт/(м}^2\text{}^\circ\text{C)}$ </p> <p> $t_B = +21 \text{ }^\circ\text{C}$ $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\text{}^\circ\text{C)}$ </p> <p> $t_{\text{min.}}$ </p> <p> $t_H = -32 \text{ }^\circ\text{C}$ $\alpha_H = 23 \text{ Вт/(м}^2\text{}^\circ\text{C)}$ </p> <p> $t_B = +21 \text{ }^\circ\text{C}$ $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\text{}^\circ\text{C)}$ </p>	 <ul style="list-style-type: none"> Минеральная вата Железобетон Керамический кирпич ПСБ-С ЦПС
Разрез А-А	λ_A , Вт/(м $^\circ\text{C}$)
 <p>$t_{\text{min.}}$</p>	 <ul style="list-style-type: none"> 0,040 1,92 0,024 0,037 0,76



* изотермы расположены с шагом в 5 °C



* изотермы расположены с шагом в 5 °С

Расчетный участок имеет размеры 2180x2700x1700 мм. Площадь стены, вошедшей в расчетный участок, $S_{1.1} = 3,706 \text{ м}^2$.

Потери теплоты через узел, по результатам расчета температурного поля равны:

$$Q_1^L = 72,521 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

Потери теплоты через однородный участок покрытия той же площади определяются по формуле (Е.10) СП 50.13330.2012:

$$Q_{1.1} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_{o\ 1.1} * 1} * S_{1.1} = \frac{21 - (-32)}{4,339 * 1} * 3,706 = 45,268 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

Дополнительные потери теплоты через **линейный элемент 1** определяются по формуле (Е.9) СП 50.13330.2012:

$$\Delta Q_1^L = Q_1^L - Q_{1.1} = 72,521 - 45,268 = 27,253 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

Удельные потери теплоты Ψ_1 , через линейную теплотехническую неоднородность определяются по формуле (Е.8) СП 50.13330.2012:

$$\Psi_{1*} = \frac{\Delta Q_1^L}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} = \frac{27,253}{21 - (-32)} = 0,514 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} * ^\circ\text{C})}$$

Определим потери теплоты, приходящиеся на 1 пог. м. конструкции:

$$\Psi_1 = \frac{\Psi_{1*}}{1,7} = \frac{0,514}{1,7} = 0,302 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} * ^\circ\text{C})}$$

Линейный элемент 2- примыкание оконного блока к типу стен 1.

Удельные потери теплоты линейного элемента 2 принимают по таблице Г.33 СП 230.1325800.2015.

Для рассматриваемого элемента $R_{\text{ут}} = 3,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $\lambda_0 = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$,
 $d_n = 60 \text{ мм}$.

Удельные потери теплоты теплозащитного элемента $\psi_2 = 0,009 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$.

Линейный элемент 3 - примыкание оконного блока к типу стен 2.

Удельные потери теплоты линейного элемента 3 принимают по таблице Г.33 СП 230.1325800.2015.

Для рассматриваемого элемента $R_{\text{ут}} = 3,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $\lambda_0 = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$,
 $d_n = 60 \text{ мм}$.

Удельные потери теплоты теплозащитного элемента $\psi_3 = 0,017 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$.

Линейный элемент 4 - вогнутый угол.

Удельные потери теплоты линейного элемента 4 принимают по таблице Г.28 СП 230.1325800.2015.

Для рассматриваемого элемента $R_{\text{ут}} = 3,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $\lambda_0 = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$,

Удельные потери теплоты теплозащитного элемента $\psi_4 = -0,183 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$.

Линейный элемент 5 – выпуклый угол.

Удельные потери теплоты линейного элемента 5 принимают по таблице Г.28 СП 230.1325800.2015.

Для рассматриваемого элемента $R_{\text{ут}} = 3,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $\lambda_0 = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$,

Удельные потери теплоты теплозащитного элемента $\psi_5 = 0,136 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$.

Точечный элемент 1- крепление утеплителя к стене.

Для точечного элемента 1 удельные потери теплоты принимаются по таблице Г4 СП 230.1325800.2015.

Рассматриваемому элементу соответствует последняя строка таблицы, удельные потери теплоты:

$$\chi_1 = 0,001 \frac{\text{Вт}}{\text{°C}}$$



Удельные характеристики рассчитываемых элементов сведены в таблицу 6.

Таблица 6.

Элемент фрагмента	Потери теплоты через участок однородной стены	Потери теплоты через неоднородный участок стены	Удельные потери теплоты	Удельный геометрический показатель
Плоский элемент 1	-	-	$U_1 = 0,203 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	$a_1 = 0,451 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$
Плоский элемент 2	-	-	$U_2 = 0,124 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	$a_2 = 0,181 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$
Плоский элемент 3	-	-	$U_3 = 0,248 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	$a_3 = 0,308 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$
Плоский элемент 4	-	-	$U_4 = 0,128 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	$a_4 = 0,060 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$
Линейный элемент 1	$Q_{1.1} = 45,268 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$	$Q_1^L = 72,521 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$	$\psi_1 = 0,302 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} * \text{°C})}$	$l_1 = 0,205 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}$
Линейный элемент 2	-	-	$\psi_2 = 0,009 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} * \text{°C})}$	$l_2 = 0,707 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}$
Линейный элемент 3	-	-	$\psi_3 = 0,017 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} * \text{°C})}$	$l_3 = 0,048 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}$
Линейный элемент 4	-	-	$\psi_4 = -0,183 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} * \text{°C})}$	$l_4 = 0,126 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}$
Линейный элемент 5	-	-	$\psi_5 = 0,136 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} * \text{°C})}$	$l_5 = 0,169 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}$
Точечный элемент 1	-	-	$\chi_1 = 0,001 \frac{\text{Вт}}{\text{°C}}$	$n_1 = 8 \frac{1}{\text{м}^2}$

Таким образом, определены все удельные потери теплоты, обусловленные всеми элементами в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции.



6. Расчет приведенного сопротивления теплопередачи стены.

Данные расчетов сведены в таблицу 7.

Таблица 7.

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	$a_1 = 0,451 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$	$U_1 = 0,203 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	$U_1 a_1 = 0,092 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	33,32
Плоский элемент 2	$a_2 = 0,181 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$	$U_2 = 0,124 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	$U_2 a_2 = 0,022 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	8,15
Плоский элемент 3	$a_3 = 0,308 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$	$U_3 = 0,248 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	$U_3 a_3 = 0,076 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	27,80
Плоский элемент 4	$a_4 = 0,060 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$	$U_4 = 0,128 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	$U_4 a_4 = 0,008 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	2,78
Линейный элемент 1	$l_1 = 0,205 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}$	$\psi_1 = 0,302 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} * \text{°C})}$	$\psi_1 l_1 = 0,058 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	22,51
Линейный элемент 2	$l_2 = 0,707 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}$	$\psi_2 = 0,009 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} * \text{°C})}$	$\psi_2 l_2 = 0,006 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	2,31
Линейный элемент 3	$l_3 = 0,048 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}$	$\psi_3 = 0,017 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} * \text{°C})}$	$\psi_3 l_3 = 0,001 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	0,29
Линейный элемент 4	$l_4 = 0,126 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}$	$\psi_4 = -0,183 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} * \text{°C})}$	$\psi_4 l_4 = -0,023 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	-8,41
Линейный элемент 5	$l_5 = 0,169 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}$	$\psi_5 = 0,136 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} * \text{°C})}$	$\psi_5 l_5 = 0,023 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	8,34
Точечный элемент 1	$n_1 = 8 \frac{1}{\text{м}^2}$	$\chi_1 = 0,001 \frac{\text{Вт}}{\text{°C}}$	$\chi_1 n_1 = 0,008 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	2,91
Итого			$\frac{1}{R_{\text{пр}}} = 0,271 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 * \text{°C})}$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента рассчитывается по формуле (Е.1) СП 50.13330.2012:

$$R_o^{np} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{1}{0,275} = 3,637 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2\text{°C})}$$

Осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания определяют по формуле (5.4) СП 230.1325800.2015:

$$R_o^{ysl} = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{R_{oi}^{ysl}}} = \frac{6825,5}{\frac{3080,7}{4,339} + \frac{1233,2}{8,089} + \frac{2104}{4,039} + \frac{407,6}{7,789}} = 4,754 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2\text{°C})}$$

Коэффициент теплотехнической однородности определяем по формуле (Е.4) СП 50.13330.2012:

$$r = \frac{R_o^{np}}{R_o^{ysl}} = \frac{3,637}{4,754} = 0,77$$

Вывод: Данная конструкция, обеспечивает требуемое сопротивление теплопередаче.

Приведенное сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции, превышает нормируемое сопротивление теплопередачи:

$$R_o^{np} = 3,637 \text{ м}^2\text{°C/Вт} > R_o^{\text{норм}} = 3,442 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

Конструкция удовлетворяет требованиям СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий.

Толщина утеплителя составляет:

- 1) Для типа стен 1: ТЕХНОФАС ОПТИМА- **150 мм**;
- 2) Для типа стен 2: ТЕХНОФАС ОПТИМА- **300 мм**;
- 3) Для типа стен 3: ТЕХНОФАС ОПТИМА- **150 мм**;
- 4) Для типа стен 4: ТЕХНОФАС ОПТИМА- **300 мм**;



Список используемой литературы.

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*.
3. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий
4. СП 230.1325800.2015 Конструкции ограждающие здания характеристики теплотехнических неоднородностей.