

Теплотехнический расчет по объекту:

"Сурхандарья вилояти Денов" массиви ҳудудида 1 та қозонхоналар ва
иссиқлик тармоқларини қуриш бўйича лойиҳа-смета ҳужжатларини ишлаб
чиқиш" с теплоизоляцией на основ применения эффективных
энергосберегающих материалов (наружное утепление стен по второму уровню
теплозащиты)

Ташкент - 2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Определение нормативного удельного расхода теплоты на отопление	2
1.1. Исходные данные	
1.2. Расчет по определению нормоопределяющих потерь теплоты через ограждающие конструкции здания	
2. Теплотехнический расчёт наружных стен	3
3. Теплотехнический расчёт окон	4
4. Теплотехнический расчёт дверей	6
5. Теплотехнический расчёт чердачного покрытия	7
6. Теплотехнический расчёт по грунту.	8
7. Сравнительная сводная таблица сопротивлений теплопередач ограждающих конструкций.	9
8. Теплотери через ограждающие конструкции	10
8.1. Теплотери через полы по грунту	
8.2. Теплотери через наружные стены	
8.3. Теплотери через чердачные перекрытия	
8.4. Теплотери через световые проёмы	
8.5. Теплотери через наружные двери	
8.6. Расход теплотери через ограждающие конструкции	
8.7. Определение расчетного выделения теплоты через ограждающие конструкции здания	11
8.8. Определение расчетного выделения теплоты	
8.9. Показатель компактности здания	
8.10. Приведенный (трансмиссионный) коэффициент теплопередачи здания	
8.11. Определение удельного расхода теплоты на отопление	
8.12. Отклонение расчетного удельного теплоты от нормативного	
9. Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций	12
10. Требуемое сопротивление воздухопроницанию световых проемов	13
11. Расчёт приведенного термического сопротивления железобетонной плиты покрытия с круглыми пустотами.	14

1. Определение нормативного удельного расхода теплоты на отопление

Регион по объекту: "Сурхандарья вилояти Денов" массиви худудида 1 та қозонхоналар ва иссиқлик тармоқларини қуриш бўйича лойиҳа-смета ҳужжатларини ишлаб чиқиш.

1.1. Исходные данные:

- Периметр здания - 64,0 п.м
- Высота - 7,0 м.;
- Общая площадь - $A_F = 343,0 \text{ м}^2$;
- Отапливаемый объем здания - $V_h = 1666,0 \text{ м}^3$
- Расчетная средняя температура внутреннего воздуха в холодный период - $t_p = 20^\circ\text{C}$
- Кровля - двухскатная;
- Здание рассчитано 50 человек (согласно принятым проектным решениям);
- Расчетная температура наружного воздуха - $t = -8^\circ\text{C}$ (столбец 10, таблица 4, ШНК 2.01.01-22 "Климатические и физико-геологические данные для проектирования");
- Средняя температура периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 10°C , $t_{\text{от.пер.}} = (5,1^\circ\text{C} + 6,8^\circ\text{C}) / 2 = 5,95^\circ\text{C}$ (столбцы 20 и 22, таблица 4, ШНК 2.01.01-22);
- Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 10°C , $Z_{\text{от.пер.}} = (89 \text{ суток} + 139 \text{ суток}) / 2 = 114,0 \text{ суток}$ (столбцы 19 и 21, таблица 4, ШНК 2.01.01-22);
- Наружные стены - из сэндвич панель, толщиной 100 мм (согласно принятым проектным решениям);

1.2. Расчет по определению нормоопределяющих потерь теплоты через ограждающие конструкции здания

A_{sum}^w - площадь наружных стен :

$$A_{\text{esum}} = 64 \times 7 = 448,0 \text{ м}^2;$$

A_w - площадь наружных стен (за вычетом площадей окон и наружных дверей):

$$A_w = 448 - (35,10 + 8,40) = 404,5 \text{ м}^2;$$

A_L - нормоопределяющая площадь световых проёмов:

$$A_L = 112,0 \text{ м}^2;$$

A_{G1} - суммарная площадь полов по грунту:

$$A_{G1} = 245,0 \text{ м}^2$$

A_R - сумма площадей покрытия:

$$A_R = 245,0 \text{ м}^2;$$

A_d - сумма площадей наружных дверей:

$$A_d = 8,40 \text{ м}^2;$$

$K_d = 7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$ - приведенный коэффициент теплопередаче дверей (пункт 3.5, КМК 2.01.18-2018 "Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений");

Коэффициент освещенности определяется по формуле:

$$f = A_L / (A_w + A_L) = \frac{112}{404,5 + 112} = 0,216$$

2. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ НАРУЖНЫХ СТЕН.

1. Исходные данные:

- 1.1. Регион по объекту: Сырдарьинской области
- 1.2. Расчетная температура внутреннего воздуха $t=20^{\circ}\text{C}$, относительная влажность - 60%;
- 1.3. Средняя температура периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 10°C , $t_{\text{от.пер.}}=5,95^{\circ}\text{C}$;
- 1.4. Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 10°C , $Z_{\text{от.пер.}}=114,0$ суток;
- 1.5. Средняя температура наружного воздуха по параметру "Б", $t_{\text{н}}=-8^{\circ}\text{C}$.

2. Характеристика материалов ограждающей конструкции наружных стен:

- 2.1. Стеновые сэндвич панель $\gamma=75\text{кг/м}^3$, толщиной 100мм, $\lambda=0,046\text{ Вт/м}\cdot\text{C}$ (приложения 1, пункт 135а, КМК 2.01.04-2018).

Нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\Delta t^{\text{н}}=4,0^{\circ}\text{C}$ (таблица 4, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции $\alpha_{\text{в}}=8,7\text{ Вт/}(\text{м}^2\text{х}^{\circ}\text{C})$ (таблица 5, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции $\alpha_{\text{н}}=23\text{ Вт/}(\text{м}^2\text{х}^{\circ}\text{C})$ (таблица 6, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

3. Приведенное сопротивление теплопередаче стены по условию энергоснабжения является функцией числа градусо-суток отопительного периода (ГСОП):

$$D_d = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер.}}) \times Z_{\text{от.пер.}}$$

$D_d = (20-5,95) \times 114 = 1601,7^{\circ}$ и $R_0^{\text{Тр.Эн}} = 1,6\text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$ - для II-го уровня теплозащиты (таблица 2б, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

4. Вычисляем нормативное (максимально допустимое) сопротивление по условию санитарно-гигиенических требований:

$$R_0^{\text{Тр.СГ}} = n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) / (\Delta t^{\text{н}} \times \alpha_{\text{в}}) = \frac{1 \times (20 - (-8))}{4,0 \times 8,7} = 0,804\text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$$

5. Из вычисленных значений сопротивлений теплопередаче по пунктам 3 и 4 к реализации принимаем большее, назвав его требуемым:

$$R_0^{\text{Тр.СГ}} = R_0^{\text{Тр.Эн}} = 1,6\text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$$

6. Термическое сопротивление $R\text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$, слоя многослойной ограждающей конструкции, следует определять по формуле:

$$R = \delta / \lambda,$$

где δ - толщина слоя, м;

λ - расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт/}(\text{м}^2\text{х}^{\circ}\text{C})$:

$$R_1 = \delta_1 / \lambda_1 = 0,10 / 0,046 = 2,1739\text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт};$$

Сопротивление теплопередаче R_0 , $\text{(м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$, ограждающей конструкции следует определять по формуле:

$$R_0 = 1/\alpha_{\text{в}} + R_{\text{к}} + 1/\alpha_{\text{н}}$$

$$R_{\text{к}}^{\text{СГ}} = R_{\text{к}} = R_1 = 2,1739\text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$$

$$R_0^{\text{СГ}} = 1/8,7 + R_{\text{к}}^{\text{СГ}} + 1/23 = 0,11494 + 2,1739 + 0,04347 = 2,33231 \approx 2,3\text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$$

$$R_0^{\text{Тр.СГ}} \leq R_0^{\text{СГ}} \quad 1,6\text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт} \leq 2,3\text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$$

У С Л О В И Е С О Б Л Ю Д А Е Т С Я

Для утепления наружных стен в качестве сэндвич панель $\gamma=75\text{кг/м}^3$, толщиной 100мм, $\lambda=0,046\text{ Вт/м}\cdot\text{C}$.

3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ОКОН.

1. Исходные данные:

- 1.1. Регион по объекту: Сырдарьинской области
- 1.2. Расчетная температура внутреннего воздуха $t=20^{\circ}\text{C}$, относительная влажность - 60%;
- 1.3. Средняя температура периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 10°C , $t_{\text{от.пер.}}=5,95^{\circ}\text{C}$;
- 1.4. Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 10°C , $Z_{\text{от.пер.}}=114,0$ суток;
- 1.5. Средняя температура наружного воздуха по параметру "Б", $t_n=-8^{\circ}\text{C}$;
- 1.6. Число градусосутки $D_d = (20-5,95) \times 114 = 1601,7^{\circ}\text{C}_{\text{сут}}$;
- 1.7. $R_0^{\text{Тр.Ок.}} = R_0^{\text{Тр.Эн}} = 0,45 \text{ (м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C)/Вт}$ - для II-го уровня теплозащиты (таблица 26, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

В качестве заполнения оконного проёма принято остекление двухкамерными стеклопакетами из ПВХ профиля и обычного стекла с $R_0 = 0,52 \text{ (м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C)/Вт}$ (пункт 12, приложение 5, КМК 2.01.04-2018).

Приложение 5 (справочное)

Приведенное сопротивление теплопередаче окон, балконных дверей и фонарей

Заполнение светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_0, \text{ (м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)/Вт}$
1. Одинарное остекление в деревянных или пластмассовых переплетах	0,18
2. Одинарное остекление в металлических переплетах: - окон и фонарей с вертикальным остеклением - зенитных фонарей	0,15 0,14
3. Двойное остекление в деревянных или пластмассовых переплетах: - спаренных - раздельных	0,39 0,42
4. Двойное остекление в металлических раздельных переплетах: - окон и фонарей с вертикальным остеклением - витрин	0,34 0,31
5. Тройное остекление: - в деревянных или пластмассовых раздельно-спаренных переплетах - в металлических раздельных переплетах	0,55 0,46
6. Блоки стеклянные пустотные (с шириной швов между ними 6 мм) размерами: 194х194х98 мм 244х244х98 мм	0,31 0,33
7. Профильное стекло: - швеллерного сечения - коробчатого сечения	0,16 0,31

8. Органическое стекло:	
- одинарное	0,19
- двойное	0,36
- тройное	0,52
9. Однокамерные стеклопакеты в деревянных или пластмассовых переплетах:	
- из обычного стекла	0,36
- с твердым селективным покрытием внутреннего стекла	0,48
- с мягким селективным покрытием внутреннего стекла	0,52
- с тепловым зеркалом	0,70
10. Однокамерные стеклопакеты в металлических переплетах:	
- окон и фонарей с вертикальным остеклением	0,31
- зенитных фонарей:	
- из обычного стекла	0,30
- с твердым селективным покрытием внутреннего стекла	0,38
- с мягким селективным покрытием внутреннего стекла	0,42
11. Однокамерные стеклопакеты и одинарное остекление:	
- в раздельных деревянных или пластмассовых переплетах окон	0,53
- в металлических переплетах зенитных фонарей	0,46
12. Двухкамерные стеклопакеты в деревянных или пластмассовых переплетах:	
- из обычного стекла	0,52
- с мягким селективным покрытием среднего стекла	0,72
13. Два однокамерных стеклопакета в деревянных или пластмассовых одинарных или спаренных переплетах	0,70
14. Два однокамерных стеклопакета в деревянных или пластмассовых раздельных переплетах	0,74
15. Четырехслойное остекление в двух деревянных или пластмассовых спаренных переплетах	0,80
Примечания: 1. К мягким селективным покрытиям стекла относят покрытия с коэффициентом излучения меньше или равным 0,15, к твердым покрытиям - больше или равным 0,25. 2. Значения приведенных сопротивлений теплопередаче заполнения световых проемов в деревянных или пластмассовых переплетах даны для случаев, когда отношение площади остекления к площади заполнения светового проема равно 0,75. 3. Значения приведенных сопротивлений теплопередаче, указанных в таблице, допускается применять в качестве расчетных при отсутствии этих значений в стандартных или технических условиях на конструкции или не подтвержденных результатами испытаний.	

$$R_0^{\text{Tp.Ок.}} = 0,53 \geq R_0^{\text{Tp.}} = 0,53 - \text{условие выполнено.}$$

$$k = 1/R_0^{\text{Tp.Ок.}} = \frac{1}{0,53} = 1,88679 \text{ Вт/(м}^2\text{х}^\circ\text{С)}.$$

5. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЧЕРДАЧНОГО ПОКРЫТИЯ. (расчёт ЧЕРДАЧНОГО покрытия согласно разделу 2, КМК 2.01.04-2018)

1. Исходные данные:

- 1.1 Регион по объекту: Сырдарьинской области
- 1.2. Расчетная температура внутреннего воздуха $t=20^{\circ}\text{C}$, относительная влажность - 60%;
- 1.3. Средняя температура периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 10°C , $t_{\text{от.пер.}}=5,95^{\circ}\text{C}$;
- 1.4. Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 10°C , $Z_{\text{от.пер.}}=114,0$ суток;
- 1.5. Средняя температура наружного воздуха по параметру "Б", $t_n=-8^{\circ}\text{C}$.

2. Характеристика материалов ограждающей конструкции чердачного покрытия:

- 2.1. Кровельные сэндвич панель $\gamma=75\text{кг/м}^3$, толщиной 120мм, $\lambda=0,046\text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$ (приложения 1, пункт 135а, КМК 2.01.04-2018).;

Нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\Delta t_n=3,5^{\circ}\text{C}$ (таблица 4, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции $\alpha_B=8,7\text{ Вт/м}^2\text{х}^{\circ}\text{C}$ (таблица 5, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции $\alpha_H=12\text{ Вт/м}^2\text{х}^{\circ}\text{C}$ (таблица 6, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

3. Приведенное сопротивление теплопередаче стены по условию энергоснабжения является функцией числа градусо-суток отопительного периода (ГСОП):

$$D_d = (t_B - t_{\text{от.пер.}}) \times Z_{\text{от.пер.}}$$

$D_d = (20 - 5,95) \times 114 = 1601,7^{\circ}$ и $R_0^{\text{Тр.Эн}} = 2,0 \times n \text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$ - для II-го уровня теплозащиты (таблица 2в, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

$$R_0^{\text{Тр.Эн}} = 2,0 \times n = 2,0 \times 1 = 2,0 \text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$$

где $n=0,80$ - для перекрытий чердачных с холодным чердаком (таблица 3, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

4. Вычисляем нормативное (максимально допустимое) сопротивление по условию санитарно-гигиенических требований:

$$R_0^{\text{Тр.СГ}} = n(t_B - t_n) / \Delta t_n \times \alpha_B = \frac{1 \times (20 - (-8))}{3,5 \times 8,7} = 0,919 \text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$$

5. Из вычисленных значений сопротивлений теплопередаче по пунктам 3 и 4 к реализации принимаем большее, назвав его требуемым:

$$R_0^{\text{Тр.Пок.}} = R_0^{\text{Тр.Эн}} = 2,0 \text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$$

6. Термическое сопротивление $R \text{ (м}^2 \text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$, слоя многослойной ограждающей конструкции, следует определять по формуле:

$$R = \delta / \lambda,$$

где δ - толщина слоя, м;

λ - расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт/м}^2\text{х}^{\circ}\text{C}$;

$$R_1 = \delta_1 / \lambda_1 = 0,12 / 0,046 = 2,60869 \text{ (м}^2 \text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$$

Сопротивление теплопередаче R_o , $\text{м}^2 \text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$, ограждающей конструкции следует определять по формуле:

$$R_o = 1/\alpha_B + R_K + 1/\alpha_H$$

$$R_K^{\text{Пок.}} = R_K = R_1 + R_3 = 2,60869 \text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$$

$$R_0^{\text{Пок.}} = 1/8,7 + R_K + 1/12 = 0,11494 + 2,60869 + 0,08333 = 2,8 \text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$$

$$R_0^{\text{Тр.Пок.}} \leq R_0^{\text{Пок.}} \quad 2,0 \text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт} < 2,8 \text{ (м}^2\text{х}^{\circ}\text{C)/Вт}$$

УСЛОВИЕ СОБЛЮДАЕТСЯ

Для утепления чердачного покрытия в качестве утеплителя сэндвич панель $\gamma=75\text{кг/м}^3$, толщиной 120мм, $\lambda=0,046\text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$.

6. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПЕРЕКРЫТИЯ 1-го этажа.

(расчёт полов по грунту согласно пункту 1.7, разделам 2 и 4, КМК 2.01.04-2018)

1. Исходные данные:

1.1. Регион: Сырдарьинской области.

1.2. Расчетная температура внутреннего воздуха $t=20^{\circ}$, относительная влажность - 55%;

1.3. Средняя температура периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 10°C , $t_{\text{от.пер.}}=2,6^{\circ}\text{C}$;

1.4. Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 10°C , $Z_{\text{от.пер.}}=151$ суток;

1.5. Средняя температура наружного воздуха по параметру "Б", $t_{\text{н}}=-17^{\circ}\text{C}$.

2. Характеристика материалов ограждающей конструкции *пол по грунту*:

- 2.1. Засыпка гравий или щебень втрамбованный в грунт толщ. 40-60 мм, $\lambda=0,21$ (Вт/м $^{\circ}\text{C}$)

- 2.2. Подстилающий слой из бетона кл В7.5 толщ. -80мм $\gamma=2400$ кг/м ^{3} , коэффициент теплопроводности $\lambda=1,74$ Вт/м $^{\circ}\text{C}$ (приложения 1, пункт 2, КМК 2.01.04-2018);

- 2.3. Теплоизоляционный слой - экструдированный пенополистирол, толщ. 10 мм, $\gamma=30$ кг/м ^{3} , коэффициент теплопроводности $\lambda=0,031$ Вт/м $^{\circ}\text{C}$ (приложения 1, пункт 138г, КМК 2.01.04-2018);

- 2.4. Стяжка цементно-песчанного раствора толщ. 50 мм, коэффициент теплопроводности $\lambda=0,76$ Вт/м $^{\circ}\text{C}$ (приложения 1, пункт 71, КМК 2.01.04-2018);

- 2.5. Релин- толщ 3мм, коэффициент теплопроводности $\lambda=0,33$ Вт/м $^{\circ}\text{C}$ (приложения 1, пункт 177, КМК 2.01.04-2018).

Нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\Delta t_{\text{н}}=2,0$ (таблица 4, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции $\lambda_{\text{в}}=8,7$ Вт/(м ^{2} /х $^{\circ}\text{C}$) (таблица 5, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции $\lambda_{\text{н}}=12$ Вт/(м ^{2} /х $^{\circ}\text{C}$) (таблица 6, КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника").

3. Приведенное сопротивление теплопередаче пола по условию энергоснабжения является функцией числа градусо-суток отопительного периода (ГСОП):

$$D/d = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер.}}) \times Z_{\text{от.пер.}}$$

$$D/d = (20 - 2,6) \times 151 = 2814,1^{\circ}\text{C} \text{ и } R_{\text{Тр.Эн.0}} = 1,8 \text{н (м}^2/\text{х}^{\circ}\text{C)}/\text{Вт}$$

$$R_{0}^{\text{Тр.Эн}} = 1,8 \times n = 1,8 \times 0,70 = 1,26 \text{ (м}^2/\text{х}^{\circ}\text{C)}/\text{Вт}$$

где $n=0,80$

Сопротивление полов на грунте определяем по табл.6 (КМК 2.01.18-2018)

при S пола $=340 \text{ м}^2$; $a=20,0 \text{ м}$; $b=12,0 \text{ м}$; $a \times b / a + b = \frac{20 \times 12}{20 + 12} = 7,50$ с учетом интерполяции - $R_{\text{Тр.Пер.0}} = 2,4 \text{ (м}^2/\text{х}^{\circ}\text{C)}/\text{Вт}$

4. Вычисляем нормативное (максимально допустимое) сопротивление по условию санитарно-гигиенических требований:

$$R_{\text{Тр.СГ/0}} = n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) / \Delta t_{\text{н}} \times \lambda_{\text{в}} = \frac{0,7 \times (20 - (-8))}{2,0 \times 8,7} = 1,126 \text{ (м}^2/\text{х}^{\circ}\text{C)}/\text{Вт.}$$

5. Из вычисленных значений сопротивлений теплопередаче к реализации принимаем большее, назвав его требуемым:

$$R_{\text{Тр.Пер.0}} = R_{\text{Тр.Эн.0}} = 2,40 \text{ (м}^2/\text{х}^{\circ}\text{C)}/\text{Вт.}$$

У С Л О В И Е С О Б Л Ю Д А Е Т С Я

Для утепления пол по грунту в качестве утеплителя приняты плиты из пенополистирола $\gamma=30$ кг/м ^{3} , толщиной 10мм с $\lambda=0,036$ Вт/м $^{\circ}\text{C}$.

7. СРАВНИТЕЛЬНАЯ СВОДНАЯ ТАБЛИЦА СОПРОТИВЛЕНИЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧ ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ

Таблица 1(начало)

п/п	Наименование конструкций	R_0 , $\text{м}^2 \times ^\circ \text{C} / \text{Вт}$	$K_{\text{энергоэф'}}$ $\text{Вт} / \text{м}^2 \times ^\circ \text{C}$
1	Наружные стены (<i>второй уровень теплозащиты</i>), в том числе:		
	1. Стеновые сэндвич панель $\gamma=75\text{кг/м}^3$, толщиной 100мм.	2.30	0,434
2	Оконные проёмы (<i>второй уровень теплозащиты</i>), в том числе:		
	Двухкамерные стеклопакеты изобычного стекла из ПВХ профиля	0.45	1,88
3	Дверные проёмы (<i>второй уровень теплозащиты</i>), в том числе:		
	Однокамерные стеклопакеты (два стекла) и одинарное остекление в разделенных переплетах их ПВХ профиля.	0,70	1,428
4	Покрытие чердачное (второй уровень теплозащиты), в том числе:		
	1. Кровельные сэндвич панель $\gamma=75\text{кг/м}^3$, толщиной 120мм.	2.80	0,357
5	Полы по грунту (<i>второй уровень теплозащиты</i>), в том числе:		
	1. Засыпка гравий или щебень втрамбованный в грунт толщ. 40-60; 2. Подстилающий слой из бетона кл В7.5 толщ. -80мм; 3. Теплоизоляционный слой - экструдированный пенополистирол, толщ. 10 мм; 4. Стяжка цементно-песчанного раствора толщ. 50 мм; 5. Бетон.	2.40	0,416

8. Теплотери через ограждающие конструкции

8.1. Теплотери через полы по грунту

$$Q_{\text{пер.}} = F_{\text{пер.}} \frac{1}{R_{\text{Пер.}}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}});$$

где: $F_{\text{пер.}}$ - площадь - $245,0 \text{ м}^2$

$R_{\text{Пер.}}$ - сопротивление теплопередаче конструкции пола $R_{\text{Пер.}} = 2,40 \text{ (м}^2 \text{ х } ^\circ\text{C)}$

$$Q_{\text{пер.}} = 245,0 \frac{1}{2,40} (20 - (-8)) = 2858,33 \text{ м}^2 \text{ х } ^\circ\text{C} / \text{ккал}$$

8.2. Теплотери через наружные стены

$$Q_{\text{ст.}} = F_{\text{ст.}} \frac{1}{R_{\text{СТ.}}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}});$$

где $F_{\text{ст.}}$ - площадь наружных стен (за вычетом площади окон и наружных дверей и витражей) = $404,5 \text{ м}^2$

$R_{\text{СТ.}}$ - сопротивление теплопередаче наружных стен, $R_{\text{СТ.}} = 2,3 \text{ м}^2 \text{ х } ^\circ\text{C} / \text{ккал}$

$$Q_{\text{ст.}} = 404,5 \frac{1}{2,30} (20 - (-8)) = 4924,34 \text{ м}^2 \text{ х } ^\circ\text{C} / \text{ккал}$$

8.3. Теплотери через чердачные перекрытия

$$Q_{\text{пок.}} = F_{\text{пок.}} \frac{1}{R_{\text{ПОК.}}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}});$$

где $F_{\text{пок.}}$ - площадь чердачных перекрытий = $245,0 \text{ м}^2$

$R_{\text{пок.}}$ - сопротивление теплопередаче чердачных перекрытий, $R_{\text{пок.}} = 2,80 \text{ м}^2 \text{ х } ^\circ\text{C} / \text{ккал}$

$$Q_{\text{пок.}} = 245,0 \frac{1}{2,80} (20 - (-8)) = 2450,0 \text{ м}^2 \text{ х } ^\circ\text{C} / \text{ккал}$$

8.4. Теплотери через световые проёмы

$$Q_{\text{ок.}} = \frac{F_{\text{тр.ок.}}}{R_{\text{тр.ок.}}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}});$$

где $F_{\text{тр.ок.}}$ - площадь световых проёмов = $35,10 \text{ м}^2$

$R_{\text{тр.ок.}}$ - сопротивление теплопередаче световых проёмов, $R_{\text{тр.ок.}} = 0,45 \text{ м}^2 \text{ х } ^\circ\text{C} / \text{ккал}$

$$Q_{\text{ок.}} = 35,10 \frac{1}{0,45} (20 - (-8)) = 2184,0 \text{ м}^2 \text{ х } ^\circ\text{C} / \text{ккал}$$

8.5. Теплотери через наружные двери

где $F_{\text{дв.}}$ - площадь световых проёмов = $8,40 \text{ м}^2$

$$K_{\text{д}} = 7$$

$$Q_{\text{дв.}} = 8,40 \times 7 = 58,8$$

8.6. Расход теплотери через ограждающие конструкции

$$Q_{\text{то}} = Q_{\text{пер.}} + Q_{\text{ст.}} + Q_{\text{пок.}} + Q_{\text{ок.}} + Q_{\text{дв.}} =$$

$$2858,33 + 4924,34 + 2450,0 + 2184,0 + 58,8 = 12475,47 \text{ м}^2 \text{ х } ^\circ\text{C} / \text{ккал}$$

8.7. Нормоопределяющие потери теплоты через ограждающие конструкции здания

$$Q_{sh}^{тр} = (t_b - t_n) \left[1,1 \frac{F_{ст.}}{R_{ст.}} + 1,1 \frac{F_{ок.}}{R_{ок.}} + n \frac{F_{пер.}}{R_{пер.}} + n \frac{F_{пок.}}{R_{пок.}} + Q_{дв.} \right] =$$

$$(20 - (-8)) \left\{ 1,1 \frac{404,5}{2,3} + 1,1 \frac{35,10}{0,45} + 0,6 \frac{245,0}{2,40} + 1 \frac{245,0}{2,80} + 58,80 \right\} = 13630,40$$

8.8* Определяем расход инфильтрации

$$Q_{инф.} = (V_v \times 1,2 \times 0,24 \times (t_b - t_n) \times 1,163$$

где : V_v - объём воздуха равный 3м³ на 1м² площади комнат

$$S = 245,0 \text{ м}^2 \quad V_v = 245,0 \times 6,80 = 1666,0$$

$$Q_{инф.} = 1666,0 \times 1,2 \times 0,24 \times 28 \times 1,163 = 15624,46 \text{ м}^3 \times \text{ч} \times \text{°C} / \text{ккал}$$

8.9. Показатель компактности здания k_{edes}

следует определять по формуле:

$$k_{edes}^e = A_e^{sum} / V_h = \frac{894,5}{1666} = 0,537$$

где : A_e^{sum} - общая площадь наружных ограждающих конструкций, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и цокольное перекрытие,
 $A_e^{sum} = 404,5 + 245 + 245 = 894,5 \text{ м}^2$;

V_h - отапливаемый объём здания, $V_h = 1666,0 \text{ м}^3$

8.10. Приведенный (трансмиссионный) коэффициент теплопередачи здания

$$K_{tr} = \beta \left(\frac{F_{ст.}}{R_{ст.}} + \frac{F_{ок.}}{R_{ок.}} + \frac{F_{дв.}}{R_{дв.}} + 0,8 \frac{F_{пок.}}{R_{пок.}} + 0,5 \frac{F_{пер.}}{R_{пер.}} \right) / A_e^{sum} =$$

$$1,1 \left(\frac{404,50}{2,3} + \frac{35,10}{0,45} + \frac{8,40}{0,7} + 0,8 \frac{245,0}{2,80} + 0,5 \frac{245,0}{2,40} \right) / 448 = 0,950 \text{ Вт/м}^2 \times \text{°C}$$

где β – коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери, связанные с ориентацией ограждений по сторонам горизонта, с ограждениями угловых помещений, с поступлением холодного воздуха через входы в здание: для жилых зданий $\beta = 1,13$, для общественных - 1,1

8.11. Удельный расход теплоты на отопление

$$Q_{sh} = \frac{1,1(Q_{io} + Q_{инф.} - Q_{mc})}{AF} = \frac{1,1 \times (12475,47 + 15624,46 - 2428,57)}{343,0} = 82,32 \text{ Вт/м}^3$$

Удельный расход теплоты на отопление на данный здание составляет - 82,32 Вт/м³

Нормативный удельный расход теплоты на отопление по таблице №1* КМК 2.01.18-2018 для общеобразовательные школы составляет 109 Вт/м³.

8.12. Отклонение расчетного удельного теплоты от нормативного:

$$\Delta Q_{sh} = \frac{Q_{sh} - Q_{нор.}}{Q_{нор.}} \times 100 = \frac{82,32 - 109}{82,32} \times 100 = -32,1\%$$

Вывод : расчет показал, что здание соответствует В+-классу энергетической эффективности. Экономическое стимулирование позволило бы еще более существенно снизить потребность здания в тепловой энергии за счет мероприятий по модернизации системы отопления.

9. Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций

$$R_{\Pi}^{\text{тп}} = \Delta p / G_{\text{н}1} ;$$

где Δp - разность давлений воздуха, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}$;

$G_{\text{н}1}$ - нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций равное $0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; (принято по табл.12 КМК 2.01.04-2018 - для наружных стен, перекрытий и покрытий)

$G_{\text{н}2}$ - нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций равное $1,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; (принято по табл.12 КМК 2.01.04-2018 - для входных дверей квартиры)

Разность давлений воздуха Δp , определяется по формуле :

$$\Delta p = 0.55H(Y_{\text{н}} - Y_{\text{в}}) + 0.03Y_{\text{н}} \cdot v^2 ;$$

где H - высота здания (от поверхности земли до верха карниза) = $15,0 \text{ м}$;

$Y_{\text{н}}; Y_{\text{в}}$ - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха $\text{Н}/\text{м}^3$; определяется по формуле :

$$Y = \frac{3463}{273 + t} ;$$

где t - температура воздуха:

внутреннего (для определения $Y_{\text{в}}$)

наружного (для определения $Y_{\text{н}}$);

V - максимальная из средних скоростей ветра , для типовых проектов

v следует принимать равной 5 м/с ;

$$Y_{\text{н}} = \frac{3463}{273 + t_{\text{н}}} = \frac{3463}{273 + (-8)} = 13,06 ;$$

$$Y_{\text{в}} = \frac{3463}{273 + t_{\text{в}}} = \frac{3463}{273 + 20} = 11,82 ;$$

$$\Delta p = 0,55H(Y_{\text{н}} - Y_{\text{в}}) + 0,03Y_{\text{н}} \cdot v^2 = 0,55 \cdot 15(13,06 - 11,82) + 0,03 \cdot 13,06 \cdot 25 = 20,02$$

$$R_{\Pi}^{\text{тп}} = \frac{\Delta p}{G_{\text{н}}} = \frac{20,02}{0,5} = 40,04 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}} ;$$

$$R_{\text{и}} = R_{\text{и}1} + R_{\text{и}2} + R_{\text{и}3}$$

4. Наружный слой штукатурки по полимерной сетке (Цементно-песчаный раствор, толщиной 10 мм), $R_{\text{и}1} = 248,7$ (сопротивление воздухопроницанию)

3. Утеплитель-плиты теплоизоляционные на основе базальтового волокна $Y = 120 \div 125 \text{ кг}/\text{м}^3$ $\delta = 100 \text{ мм}$ $R_{\text{и}2} = 3$ - сопротивление воздухопроницанию

2. Кладка из обыкновенного глиняного кирпича $Y = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$, толщиной 380 мм - $R_{\text{и}3} = 18$ - сопротивление воздухопроницанию

1. Внутренний слой штукатурки (Цементно-песчаный раствор, толщиной 10 мм , $R_{\text{и}3} = 248,7$ - сопротивление воздухопроницанию

$$R_{\text{и}} = R_{\text{и}1} + R_{\text{и}2} + R_{\text{и}3} = 248,7 + 3 + 18 + 248,7 = 518,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}$$

$$R_{\Pi}^{\text{тп}} \leq R_{\text{и}} \quad 40,04 \leq 518,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}$$

10. Требуемое сопротивление воздухопроницанию световых проемов

$$R_{и.о}^{тр} = 1/G_n * \left[\frac{\Delta p}{\Delta p_{эт.}} \right]^2$$

где G_n - нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций
равное $10 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; (принято по табл.12 КМК 2.01.04-2018)

Δp - разность давлений воздуха, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}$;

$\Delta p_{эт.} = 10 \text{ Па}$ - принятая за эталон разность давлений воздуха,
при которой определяется сопротивление воздухопроницанию $R_{и.о.}$.

$$R_{и.о}^{тр} = \frac{1}{G_n} * \left[\frac{\Delta p}{\Delta p_{эт.}} \right]^2 \quad R_{и.о}^{тр} = \frac{1}{10} * \left[\frac{20,02}{10} \right]^2 = 0,073 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}};$$

$$R_{и.о}^{тр} = 0,073 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}{\text{кг}}$$

Сопротивление воздухопроницанию световых проемов принимаем по
приложению 9 КМК 2.01.04-2018 должно быть не менее требуемого

$$R_{и.о} = 0,16;$$

$$R_{и.о}^{тр} \leq R_{и.о} \quad 0,073 \leq 0,16$$

Условие соблюдено