


**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ
РАСЧЁТ
НАРУЖНЫХ
ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

Комплекс мероприятий, обеспечивающих надлежащую тепловую защиту зданий и сооружений, относятся:

- оптимальное объемно-планировочное решение зданий и сооружений при минимальной площади наружных ограждающих конструкций;
- применение рациональных наружных ограждающих конструкций с использованием в них эффективных теплоизоляционных материалов;
- применение современных методов расчета тепловой защиты зданий и сооружений, базирующихся на условиях энергосбережения.

- 
- Проектирование тепловой защиты зданий и сооружений осуществляется на основе требований СНиП 23-01–99 «Строительная климатология»,
 - СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий»,
 - СП 23-101–2004 «Свод правил по проектированию и строительству»

Теплотехнический расчет наружной кирпичной стены слоистой конструкции

А. Исходные данные

Место строительства – г. Пермь.

- Зона влажности – нормальная [Приложение 2].
- Продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 229$ суток [Приложение 1].
- Средняя расчетная температура отопительного периода $t_{ht} = -5,9$ °С [Приложение 1].
- Температура холодной пятидневки $t_{ext} = -35$ °С [1].
- Расчет произведен для пятиэтажного жилого дома:
- температура внутреннего воздуха $t_{int} = + 21$ °С [табл.2,стр 8];

- влажность воздуха: = 55 %[табл2,стр 8];
- влажностный режим помещения – нормальный [табл 14,стр 30].
- Условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б [табл. 13,стр 30].
- Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения $a_{int} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$ [табл.8стр 16,2].
- Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения $a_{ext} = 23 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$ [табл 9 стр 17,2].

КАРТА ЗОН ВЛАЖНОСТИ



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- ★ Столица Российской Федерации
- Столицы государств Балтии и СНГ
- Центры субъектов РФ
- Государственная граница РФ
- Границы стран Балтии и СНГ
- Границы зон влажности
- Зоны: **1** - влажная
- 2** - нормальная
- 3** - сухая

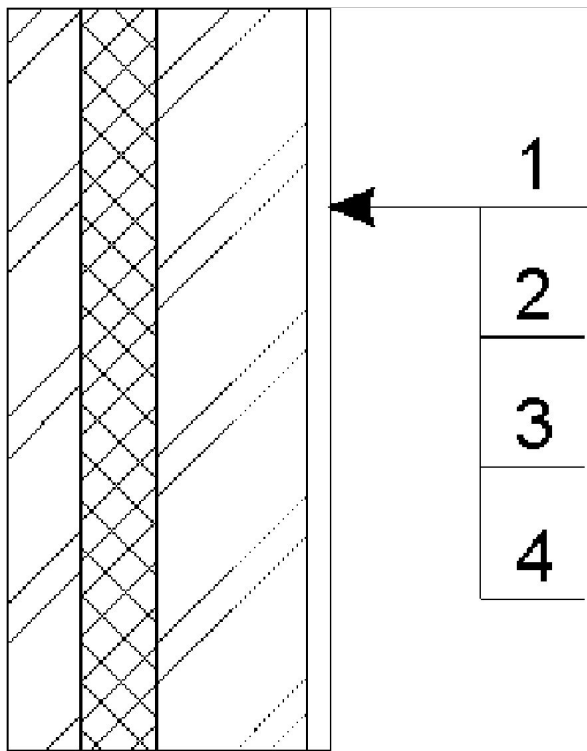


Рис.3
Расчётная схема

Необходимые данные о конструктивных слоях стены для теплотехнического расчёта сведены в таблицу.

| № п/п | Наименование материала | γ_0 , кг/м ³ | δ , м | λ , Вт/(м·°С) | R , м ² ·°С/Вт |
|----------|--|--------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1 | Известково-песчаный раствор | 1600 | 0,015 | 0,81 | 0,019 |
| 2 | Кирпичная кладка из пустотного кирпича | 1200 | 0,380 | 0,52 | 0,731 |
| 3 | Плиты пенополистирольные | 100 | X | 0,052 | X |
| 4 | Кирпичная кладка из пустотного кирпича (облицовочного) | 1600 | 0,120 | 0,58 | 0,207 |

Б. Порядок расчета

- Определение градусо-суток отопительного периода по формуле (2) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) \cdot z_{\text{ht}} = (21 - (-5,9)) \cdot 229 = 6160,1.$$

- Нормируемое значение сопротивления теплопередаче наружных стен по формуле (1) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$R_{\text{req}} = aD_d + b = 0,00035 \cdot 6160,1 + 1,4 = 3,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°} \\ \text{С/Вт.}$$

- Приведенное сопротивление теплопередаче R_0^r наружных кирпичных стен с эффективным утеплителем жилых зданий рассчитывается по формуле

$$R_0^r = R_0^{усл} r,$$

- где $R_0^{усл}$ – сопротивление теплопередаче кирпичных стен, условно определяемое по формулам (9) и (11) без учета теплопроводных включений, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- R_0^r - приведенное сопротивление теплопередаче с учетом коэффициента теплотехнической однородности r , который для стен толщиной 510 мм равен 0,74.

- Для кирпичных стен жилых зданий с утеплителем принимают следующие коэффициенты теплотехнической однородности (r):
 - при толщине стены 510 мм – 0,74;
 - при толщине стены 640 мм – 0,69;
 - при толщине стены 780 мм – 0,64.
- В кирпичных стенах, как правило, утеплитель следует размещать с наружной стороны или внутри ограждающей конструкции. Не рекомендуется размещать теплоизоляцию с внутренней стороны из-за возможного накопления влаги в теплоизоляционном слое, однако в случае применения внутренней теплоизоляции поверхность ее со стороны помещения должна иметь сплошной пароизоляционный слой.

- Расчёт ведётся из условия равенства

$$R_0^r = R_{\text{req}}$$

следовательно,

- $R_0^{\text{усл}} = 3,56/0,74 = 4,81 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$

- $R_0^{\text{усл}} = R_{\text{si}} + R_{\text{k}} + R_{\text{se}}$,

отсюда

$$R_{\text{k}} = R_0^{\text{усл.}} - (R_{\text{si}} + R_{\text{se}}) = 4,81 - (1/8,7 + 1/23) = 4,652$$

$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$

- Термическое сопротивление наружной кирпичной стены слоистой конструкции может быть представлено как сумма термических сопротивлений отдельных слоев, т.е.

$$R_k = R_1 + R_2 + R_{yt} + R_4$$

- Определяем термическое сопротивление утеплителя:

$$\begin{aligned} R_{yt} &= R_k - (R_1 + R_2 + R_4) \\ &= 4,652 - (0,019 + 0,731 + 0,207) = 3,695 \text{ м}^2 \cdot \text{°} \\ &\text{С/Вт.} \end{aligned}$$

Находим толщину утеплителя:
в соответствии с предлагаемыми толщинами

$$\delta_{ут} = \lambda \cdot R_{ут} = 0,052 \cdot 3,695 = 0,192 \text{ м.}$$

- Принимаем толщину утеплителя 200 мм.
- Окончательная толщина стены будет равна

$$\delta_{ст} = (380 + 200 + 120) = 700 \text{ мм.}$$

Производим проверку с учетом принятой
толщины утеплителя:

$$R_0^r = r(R_{si} + R_1 + R_2 + R_{ym} + R_4 + R_{se}) = 0,74 (1/8,7 + 0,019 + 0,731 + 0,2/0,052 + 0,207 + 1/23) = 3,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

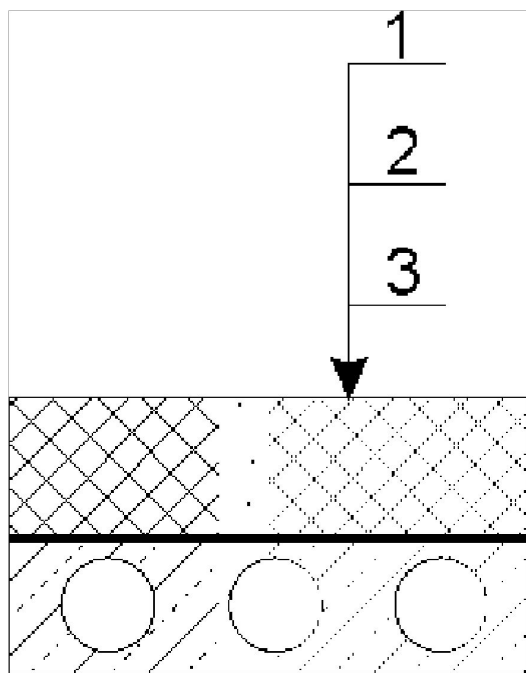
Условие $R_0^r = 3,67 \geq 3,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$
выполняется.

Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

А. Исходные данные

- Место строительства – г. Пермь.
- Климатический район – I В [1].
- Зона влажности – нормальная [1].
- Продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 229$ сут [1].
- Средняя расчетная температура отопительного периода $t_{ht} = -5,9$ °С [1].
- Температура холодной пятидневки $t_{ext} = -35$ °С [1].
- Расчет произведен для пятиэтажного жилого дома:
- температура внутреннего воздуха $t_{int} = + 21$ °С [2];
- влажность воздуха = 55 %;

- влажностный режим помещения – нормальный.
- Условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.
- Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения $a_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$ [2].
- Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения $a_{\text{ext}} = 12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$ [2].



Расчётная схема

Чердачное перекрытие состоит из конструктивных слоев, приведенных в таблице.

| № п/п | Наименование материала (конструкции) | γ_0 , кг/м ³ | δ , м | λ , Вт/(м·°С) | R , м ² ·°С/Вт |
|-------|--|--------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1 | Плиты полужесткие минераловатные на битумных связующих (ГОСТ 4640) | 100 | X | 0,065 | X |
| 2 | Пароизоляция – 1 слой (ГОСТ 30547) | 600 | 0,005 | 0,17 | 0,0294 |
| 3 | Железобетонные пустотные плиты ПК (ГОСТ 9561 - 91) | | 0,22 | | 0,142 |

Б. Порядок расчета

Определение градусо-суток отопительного периода по формуле (2) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) \cdot z_{\text{ht}} = (21 + 5,9) \cdot 229 = 6160,1 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$$

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия по формуле (1) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$R_{\text{req}} = aD_d + b = 0,00045 \cdot 6160,1 + 1,9 = 4,67 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт.}$$

Теплотехнический расчет ведется из условия равенства общего термического сопротивления R_0 нормируемому R_{req} , т.е.

$$R_0 = R_{req}.$$

По формуле (7) СП 23-100–2004 определяем термическое сопротивление ограждающей конструкции R_k

$$R_k = R_{req} - (R_{si} + R_{se}) = 4,67 - (1/8,7 + 1/12) = 4,67 - 0,197 = 4,473 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Термическое сопротивление ограждающей конструкции (чердачного перекрытия) может быть представлено как сумма термических сопротивлений отдельных слоев, т.е.

$$R_{\text{к}} = R_{\text{ж.б}} + R_{\text{п.и}} + R_{\text{ут}}$$

- где $R_{\text{ж.б}}$ – термическое сопротивление железобетонной плиты перекрытия, величина которого согласно [9] составляет $0,142 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$ для условий эксплуатации «Б» и $0,147 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$ - условий эксплуатации «А».
- $R_{\text{п.и}}$ – термическое сопротивление слоя пароизоляции;
- $R_{\text{ут}}$ – термическое сопротивление утепляющего слоя.

$$R_{\text{ут}} = R_{\text{к}} - (R_{\text{ж.б}} + R_{\text{п.и}}) = R_{\text{к}} - \left(R_{\text{ж.б}} + \frac{\delta_{\text{п.и}}}{\lambda_{\text{п.и}}} \right)$$
$$= 4,473 - (0,142 + 0,005/0,17) = 4,302 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Используя формулу (6) СП 23-101–2004, определяем толщину утепляющего слоя

$$\delta_{\text{ут}} = R_{\text{ут}} \cdot \lambda_{\text{ут}} = 4,302 \cdot 0,065$$
$$= 0,280 \text{ м}.$$

Принимаем толщину утепляющего слоя равной 300 мм, тогда фактическое сопротивление теплопередаче составит

$$R_0^{\phi} = 1/8,7 + (0,142 + 0,005/0,17 + 0,300/0,065) + 1/12 = 4,98 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Условие $R_0^{\phi} = 4,98 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_{\text{req}} = 4,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$
выполняется.