

# Практическое занятие 1. Теплотехнический расчет наружных ограждений

Теплотехнический расчёт наружных ограждений представлен на основе примера расчёта.

Пример.

## 3. Теплотехнический расчет наружных ограждений

### 3.1 Теплотехнический расчет наружных стен

В соответствии со [55] (приложение В) зона влажности для города Рязань является нормальной.

Параметры воздуха внутри жилого здания из условия комфортности определяем для холодного периода года для жилых и общественных зданий по [57] и принимаем  $t_{int}$  равным  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  при относительной влажности внутри здания  $\varphi_{int}$  равной  $55\%$ . В связи с этим по таблице 1 [55] режим помещений принимается нормальным.

По таблице 2 [55] определяем условия эксплуатации ограждающей конструкции в зависимости от зоны влажности и режима помещений. Для нормальной зоны, где находится город Рязань, и нормального режима помещений, условия эксплуатации ограждающей конструкции – Б.

Конструкция стены представлена на рисунке 1.1.

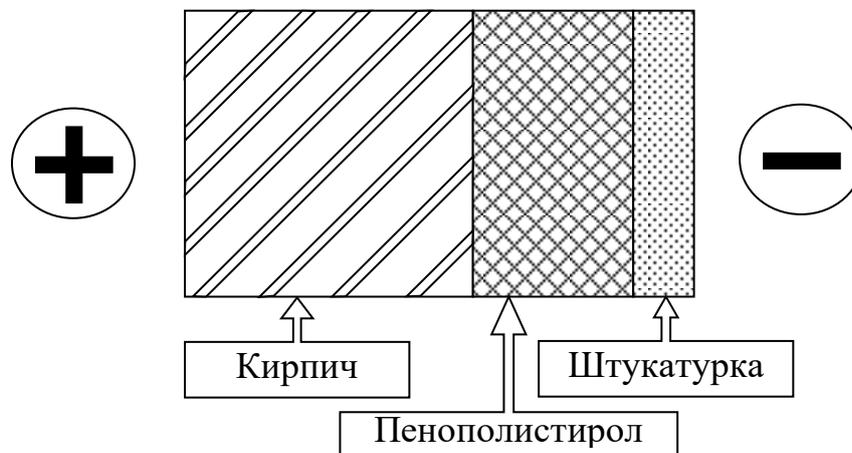


Рисунок 1.1 – Конструкция наружной стены

|             |              |               |   |         |      |        |         |      |      |
|-------------|--------------|---------------|---|---------|------|--------|---------|------|------|
| Инв. № Подл | Подл. и дата | Взаим. инд. № | РГР 20. 08.03.01. 171Р56. 2081307. 2020. ПЗ |         |      |        |         |      | Лист |
|             |              |               | Изм.  | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата |      |

Слои наружной стены имеют следующие характеристики:

- кладка из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе: толщина  $\delta = 0,64$  м, теплопроводность  $\lambda = 0,87$  Вт/(м · С°);

- теплоизоляционная плита – экструзионный пенополистирол «Пеноплэкс», тип 35: толщина  $\delta = X$  м, теплопроводность  $\lambda = 0,03$  Вт/(м · С°);

- фактурная штукатурка: толщина  $\delta = 0,10$  м, теплопроводность  $\lambda = 0,36$  Вт/(м · С°).

Значения коэффициентов теплопроводности каждого слоя находим по приложению Д [58] или [59].

Для заданного района по [54] устанавливаем температуру наиболее холодной пятидневки  $t_{ext}$ , среднюю температуру  $t_{ht}$  и продолжительность  $z_{ht}$  отопительного периода со средней суточной температурой ниже и равной 8 °С при проектировании жилых и общественных зданий.

Для города Рязани и Рязанской области:

$t_{ext} = \text{"минус"} 27$  °С,

$t_{ht} = \text{"минус"} 3,5$  °С,

$z_{ht} = 208$  суток.

Градусо – сутки отопительного периода  $D_d$ , °С·сут, определяем по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht}, \quad (1.1)$$

где  $t_{int}$  - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С;

$t_{ht}$  - средняя температура отопительного периода, °С;

$z_{ht}$  – продолжительность отопительного периода, суток.

Подставляем значения в формулу (1.1):

$$D_d = (20 - (-3,5)) \cdot 208 = 4888, \text{°С} \cdot \text{сут.}$$

Находим нормируемые значения сопротивления теплопередачи  $R_{req}$ , м<sup>2</sup> · °С/Вт, в зависимости от градусо–суток района строительства, используя формулу:

$$R_{req} = a \cdot D_d + b, \quad (1.2)$$

где  $a$  и  $b$  - вспомогательные коэффициенты.

|             |              |               |
|-------------|--------------|---------------|
| Инв. № Подл | Подп. и дата | Взаим. инд. № |
|             |              |               |

|      |         |      |        |         |      |   |
|------|---------|------|--------|---------|------|---|
| Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата | РГР 20. 08.03.01. 171Р56. 2081307. 2020. ПЗ |
|------|---------|------|--------|---------|------|---|

|      |
|------|
| Лист |
|------|

Коэффициенты находим по таблице 3 [55]. Подставляем значения в формулу (1.2) для определения нормируемого сопротивления теплопередачи для стен жилых и общественных зданий:

$$R_{req} = 0,00035 \cdot 4888 + 1,4 = 3,11, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче  $R_0$ , ограждающих конструкций следует принимать не менее нормируемых значений  $R_{req}$ .

Сопротивление теплопередаче  $R_0$  ограждающей конструкции с однородными слоями определяют по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{ext}}, \quad (1.3)$$

где  $\alpha_{int}$  - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по таблице 4 [55] равным для стен  $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$\alpha_{ext}$  - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, принимаемый по таблице 6 [55] равным для стен  $23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$R_k$  - термическое сопротивление ограждающей конструкции с последовательно расположенными однородными слоями,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

Термическое сопротивление ограждающей конструкции  $R_k$  с последовательно расположенными однородными слоями следует определять как сумму термических сопротивлений отдельных слоев по формуле:

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n, \quad (1.4)$$

где  $R_1, R_2, \dots, R_n$  - термическое сопротивление отдельных слоев ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

Термическое сопротивление  $R$  однородного слоя многослойной ограждающей конструкции, а также однослойной ограждающей конструкции следует определять по формуле:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (1.5)$$

где  $\delta$  - толщина слоя, м;

$\lambda$  - расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ .

|             |              |               |
|-------------|--------------|---------------|
| Изм. № Подл | Подп. и дата | Взаим. инд. № |
|-------------|--------------|---------------|

|      |         |      |        |         |      |   |      |
|------|---------|------|--------|---------|------|---|------|
| Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата | РГР 20. 08.03.01. 171Р56. 2081307. 2020. ПЗ | Лист |
|      |         |      |        |         |      |   |      |

Определяем толщину утеплителя стены, подставляем значения в формулу (1.3), приравняв её к  $R_{req}$ , с учетом формул (1.4) и (1.5):

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,64}{0,87} + \frac{x}{0,03} + \frac{0,01}{0,36} + \frac{1}{23} = 3,11 .$$

Отсюда получаем:

$$\frac{x}{0,03} = 3,11 - 0,11 - 0,74 - 0,028 - 0,04.$$

Следовательно:

$$x = 0,03 \cdot (3,11 - 0,11 - 0,74 - 0,028 - 0,043) = 0,065 \text{ м} .$$

Из номенклатурного ряда [59] принимаем толщину утеплителя  $\delta$  равной 70 мм.

Тогда толщина наружной стены будет равна:  $640 + 70 + 10 = 720$  мм.

Проводим проверочный расчет на выполнение условия  $R_0^\phi > R_{req}$  для выбранной конструкции стен:

$$R_0^\phi = \frac{1}{8,7} + \frac{0,64}{0,87} + \frac{0,07}{0,03} + \frac{0,01}{0,36} + \frac{1}{23} = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} ,$$

$$R_0^\phi = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} > R_{req} = 3,11 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} .$$

Условие выполняется, следовательно толщина утеплителя определена верно.

Определяем санитарно – гигиенический показатель стен.

Расчетный температурный перепад  $\Delta t_0$ , °C, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемую величину  $\Delta t_n$ , равная для жилых зданий 4,0 °C, и определяется по формуле:

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ht})}{\alpha_{int} \cdot R_0^\phi} , \quad (1.6)$$

где  $n$  – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, принимаемый по таблице 6 приложения 1 равным для наружных стен 1.

Подставляем значения в формулу (1.6) и сравним её с  $\Delta t_n$ :

$$\Delta t_0 = \frac{1 \cdot (20 - (-27))}{3,25 \cdot 8,7} = 1,66 \text{ °C} < 4 \text{ °C} .$$

Условие выполняется.

|             |              |               |
|-------------|--------------|---------------|
| Име. № Подл | Подл. и дата | Взаим. инд. № |
|             |              |               |

|      |         |      |        |         |      |   |      |
|------|---------|------|--------|---------|------|---|------|
| Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата | РГР 20. 08.03.01. 171P56. 2081307. 2020. ПЗ | Лист |
|      |         |      |        |         |      |   |      |

Проверяем возможность выпадения конденсата на внутренней поверхности ограждения.

Температура внутренней поверхности ограждения  $\tau_{si}$  должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха при расчетной зимней температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92.

По приложению Р [58] определяем, что температура точки росы  $t_d$ , при  $t_{int} = 20^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $\varphi_{int} = 55\%$  составит  $10,69^\circ\text{C}$ .

Температуру  $\tau_{si}$  однородной (без теплопроводных включений) ограждающей конструкции, имеющей сопротивление теплопередаче  $R_0$ , определяем по формуле:

$$\tau_{si} = t_{int} - \frac{n \cdot (t_{int} - t_{nt})}{\alpha_{int} \cdot R_0 \cdot \varphi} \quad (1.7)$$

Подставляем значения в формулу (1.7):

$$\tau_{si} = 20 - \frac{1 \cdot (20 - (-27))}{3,25 \cdot 8,7} = 18,37^\circ\text{C} > 10,69^\circ\text{C}.$$

Условие выполняется, следовательно, толщина утеплителя выбрана правильно и выпадения конденсата не произойдет.

Коэффициент теплопередачи  $k_{ст}$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , определяется по формуле:

$$k_{ст} = \frac{1}{R_0 \cdot \varphi} \quad (1.8)$$

Подставляем значения в формулу (1.8):

$$k_{ст} = \frac{1}{3,5} = 0,28.$$

### 3.2 Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

.....

### 3.3 Теплотехнический расчет подвального перекрытия

.....

|             |              |               |
|-------------|--------------|---------------|
| Инв. № Подл | Подп. и дата | Взаим. инд. № |
|             |              |               |

|      |         |      |        |         |      |   |
|------|---------|------|--------|---------|------|---|
|      |         |      |        |         |      | РГР 20. 08.03.01. 171Р56. 2081307. 2020. ПЗ |
| Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата |   |

## Список используемых источников

1 .....

2 .....

.....

54 СП 131 Строительная климатология

55 СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий

56 .....

57 СанПиН 2.1.2.1002 – 00 Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям

58 СНиП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий

59 Электронный ресурс. Режим доступа [https://profi.isover.ru/?utm\\_medium](https://profi.isover.ru/?utm_medium)

|             |              |               |
|-------------|--------------|---------------|
| Изм. № Подл | Подл. и дата | Взаим. инд. № |
|             |              |               |

|      |         |      |        |         |      |   |      |
|------|---------|------|--------|---------|------|---|------|
|      |         |      |        |         |      | РГР 20. 08.03.01. 171Р56. 2081307. 2020. ПЗ | Лист |
| Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата |   |      |