

Сынчиков Дмитрий Сергеевич,
студент Высшей школы энергетики нефти и газа,
ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) Федеральный университет
имени Ломоносова»

РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Аннотация. В данной статье пойдет речь о теплотехническом расчете наружной стены и чердачного перекрытия здания в г. Сыктывкар. Будут произведены необходимые вычисления, необходимые для определения толщины изоляции.

Актуальность рассматриваемой темы заключается в том, что любое жилое помещение должно обладать достаточной теплоизоляцией, необходимой для поддержания комфортной для человека температуры внутри здания. Для этого необходим теплотехнический расчет.

Ключевые слова: теплотехнический расчет наружной стены, толщина утеплителя, минераловатная плита, железобетонная панель, градусо-сутки, температура воздуха.

Климатологические данные для города Сыктывкар приведены в таблице 1:

Таблица 1

Климатологические данные для города Сыктывкара

Температура воздуха наиболее холодной пятидневки t_n , °С, обеспеченностью 0,92	Средняя суточная температура наружного воздуха в отопительный период $t_{оп}$, °С	Продолжительность отопительного периода $Z_{оп}$, дн.
- 35	-5,6	242[1]

Методика расчета теплотехнической характеристики ограждающих конструкций, следующая:

Теплотехнический расчет наружной стены

Требуемое термическое сопротивление исходя из санитарно-гигиенических норм, $m^2 \cdot K/Вт$:

$$R_o^{тр} = \frac{(t_b - t_n)n}{\alpha_b \cdot \Delta t^H}, \quad (1)$$

где t_b – температура внутреннего воздуха, °С, ; $t_{вн} = 21$ °С,

α_b – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $Вт/м^2 \cdot К$, $\alpha_b = 8,7$ $Вт/м^2 \cdot К$;

Δt^H – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С,

$$R_o^{тр} = \frac{(21 - (-35)) \cdot 1}{8,7 \cdot 4} = 1,61 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$$

Градусо-сутки отопительного периода находятся по следующей формуле, °С · сут./год:

$$ГСОП = (t_b - t_{оп})Z_{оп}, \quad (2)$$

$$ГСОП = (21 - (-5,6))242 = 6437,2 \frac{°С \cdot сут}{год}$$



Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$:

$$R_o^{\text{np}} = 1,4 + 0,00035 \cdot \text{ГСОП}, \quad (3)$$
$$R_o^{\text{np}} = 1,4 + 0,00035 \cdot 6437,2 = 3,65 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Из рассчитанных величин сопротивления выбираем наибольшее для дальнейших расчетов, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$:

$$R_o = \max\{R_o^{\text{тп}}; R_o^{\text{np}}\} \quad (4)$$
$$R_o = \max\{1,61; 3,65\} = 3,65 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Для города Сыктывкар применимо условие эксплуатации ограждающих конструкций Б из-за нормального влажностного режима и нормальной зоны влажности. Материалами наружной стены являются глиняный кирпич цементно-шлаковом – растворе (№181), $\rho = 1700 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\lambda = 0,76 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ (120 мм); железобетонная панель (№181), $\rho = 2500 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\lambda = 2,04 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ (220 мм); плиты минераловатные $\rho = 80 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\lambda = 0,041 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ (140 мм); штукатурка на известково-песчаном растворе с каждой стороны $\rho = 1700 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\lambda = 0,87 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ (20 мм).

Толщина утеплителя находится по следующей формуле, м:

$$\delta_{\text{ут}} = [R_o - (\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^{i=n-1} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}})] \cdot \lambda_{\text{ут}}, \quad (5)$$

где i – количество слоев различных материалов, шт., $i = 5$;

δ_i – толщина i -слоя ограждающей конструкции, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала i -слоя, $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$;

$\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$, $\alpha_{\text{н}} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

$$\delta_{\text{ут}} = (3,65 - [\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,12}{0,76} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,01}{0,87} + \frac{1}{23}]) \cdot 0,041 = 0,131 \text{ м}$$

Отсюда принимаем толщину изоляции согласно номенклатурному ряду для минераловатных плит из каменного волокна $\rho = 80 \text{ кг}/\text{м}^3$ 140 мм.

Фактическое сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$:

$$R_{\text{ф}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (6)$$
$$R_{\text{ф}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,12}{0,76} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,01}{0,87} + \frac{1}{23} + \frac{0,14}{0,041} = 3,87 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Стоит учитывать, что $R_{\text{ф}}$ должно быть больше R_o

$3,87 > 3,65$ – условие выполняется.

Коэффициент теплопередачи для наружной стены, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$:

$$k = \frac{1}{R_{\text{ф}}}, \quad (7)$$
$$k = \frac{1}{3,87} = 0,258 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

Требуемое термическое сопротивление исходя из санитарно-гигиенических норм, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$:



$$R_o^{тр} = \frac{(t_B - t_H)n}{\alpha_B \cdot \Delta t^H},$$

где n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, $n = 0,9$;

$$R_o^{тр} = \frac{(21 - (-35)) \cdot 0,9}{8,7 \cdot 3} = 1,93 \frac{M^2 \cdot K}{Bt}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания, $M^2 \cdot K/Bt$:

$$R_o^{пр} = 1,9 + 0,00045 \cdot ГСОП,$$
$$R_o^{пр} = 1,9 + 0,00045 \cdot 6437,2 = 4,8 \frac{M^2 \cdot K}{Bt}$$

Из рассчитанных величин сопротивления выбираем наибольшее для дальнейших расчетов, $M^2 \cdot K/Bt$:

$$R_o = \max\{R_o^{тр}; R_o^{пр}\}$$
$$R_o = \max\{1,93; 4,8\} = 4,8 \frac{M^2 \cdot K}{Bt}$$

Чердачное перекрытие состоит из 4 слоёв: штукатурка на известково-песчаном растворе $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,81 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ (20 мм); железобетонная плита $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 2,04 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ (140 мм); утеплитель экструдированный пенополистирол (№13) $\rho = 25 - 33 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,031 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ (140 мм); рубероид, $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,17 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ (5 мм).

Толщина утеплителя находится по следующей формуле, м:

$$\delta_{ут} = [R_o - (\frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^{i=n-1} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H})] \cdot \lambda_{ут},$$

где i – количество слоев различных материалов, шт., $i = 4$.

α_H – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, $Bt/M^2 \cdot K$, $\alpha_H = 12 \frac{Bt}{M^2 \cdot K}$

$$\delta_{ут} = \left(4,8 - \left[\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,14}{2,04} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{1}{12} \right] \right) \cdot 0,031 = 0,139 \text{ м}$$

Отсюда принимаем толщину изоляции согласно номенклатурному ряду для экструдированного пенополистирола³ 140 мм.

Фактическое сопротивление ограждающей конструкции, $M^2 \cdot K/Bt$:

$$R_{\phi} = \frac{1}{\alpha_B} + R_t + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H},$$
$$R_{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,14}{2,04} + \frac{0,14}{0,031} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{1}{12} = 4,84 \frac{M^2 \cdot K}{Bt}$$

Стоит учитывать, что R_{ϕ} должно быть больше R_o :

$4,84 > 4,8$ – условие выполняется.

Коэффициент теплопередачи для чердачного перекрытия, $Bt/M^2 \cdot K$:

$$k = \frac{1}{R_{\phi}}, \tag{10}$$
$$k = \frac{1}{4,84} = 0,206 \frac{Bt}{M^2 \cdot K}$$



Список литературы:

1 СП 131.13330.2018 «Строительная климатология» [Текст]: утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 28 ноября 2018 г. N 763/пр : Взамен СНиП 23-01-99: дата введ. 29.05.2019 г.

