

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра отопления и вентиляции

ПРИВЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ И КОЭФФИЦИЕНТ
ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ НЕОДНОРОДНОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ТОЛЩИНЕ КОНСТРУКЦИИ
ВЫБОР ЗАПОЛНЕНИЯ СВЕТОПРОЕМА

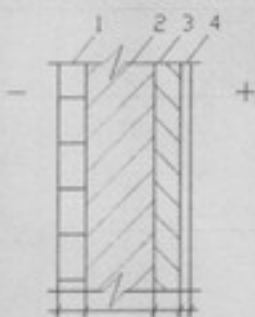
Методические указания и примеры расчетов
к курсовой работе по курсу Строительная теплофизика
(выпуск 2)

МОСКВА 2004

2.1 Приведенное сопротивление теплопередаче неоднородной ограждающей конструкции.

Требуется найти толщину утеплителя и определить приведенное сопротивление теплопередаче следующей многослойной наружной стены с гибкими связями:

Номер слоя	Материал слоя	Плотность γ_0 , кг/м ³	Толщина, м
1.	Кладка из керамического кирпича	1600	0,12
2.	Плиты минераловатные	125	?
3.	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25
4.	Штукатурка (цем.-песч. р-р)	1800	0,02



0,5 м – шаг раскладки гибких связей

Район строительства здания относится к нормальной влажностной зоне (по п. 1.1 выпуска 1). В здании поддерживается сухой влажностный режим. (по п. 1.2 выпуска 1).

Расчетное требуемое сопротивление теплопередаче - для наружных стен равно $R_0^{TP} = 2,69 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ (п. 1.4 выпуска 1);

- для покрытий и полов над проездами $R_0^{TP} = 3,59 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.
- для чердачных перекрытий и перекрытий над холодными подвалами $R_0^{TP} = 3,04 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;
- для окон $R_0^{TP} = 0,45 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

2.1.1. По Приложению определяем, что при сухом влажностном режиме помещения и нормальной зоне влажности района строительства все ограждения объекта находятся в условиях эксплуатации, относящихся к градации А.

2.1.2. По Приложению Е СП 23-101-2000 находим теплотехнические показатели строительных материалов:

Материал слоя	Плотность γ_0 , кг/м ³	Толщина δ , м	Уд. теплоемкость c_0	Коэффициенты		
				теплопроводности λ_A , Вт/м ² ·°C	теплоусвоения S_A , Вт/м ² ·°C	паропроницаемости μ , мг/м·ч·Па
1. Кладка из керамического кирпича	1600	0,12	0,88	0,58	7,91	0,14
2. Плиты минераловатные	125	?	0,84	0,064	0,73	0,3
3. Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25	0,88	0,7	9,2	0,11
4. Штукатурка (цем.-песч. р-р)	1800	0,02	0,84	0,76	9,6	0,09

2.1.3. Пунктом 6.1.4 СП 23-101-2000 допускается приведенное сопротивление теплопередаче определять по формуле:

$$R_0 = R_0^{усл} \cdot r,$$

где $R_0^{усл}$ - сопротивление теплопередаче конструкции без учета теплопроводных включений (гибких связей), $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

r - коэффициент теплотехнической однородности, "глади", "глухой" части стен. В рассматриваемом варианте специальным расчетом определено, что $r=0,87$.

Принимая $R_0 = R_0^{тр} = 2,69 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, получим требуемое сопротивление теплопередаче глади:

$$R_0^{усл} = R_0 / r = 2,69 / 0,87 = 3,09 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

2.1.4. Определяем расчетное значение сопротивления теплопередаче слоя утеплителя (минераловатных плит):

$$R_{ут} = R_0^{усл} - (R_b + R_1 + R_3 + R_4 + R_n) = R_0^{усл} - (1/\alpha_n + d_1/l_1 + d_3/l_3 + d_4/l_4 + 1/\alpha_b) = 3,09 - (1/23 + 0,12/0,58 + 0,25/0,7 + 0,02/0,73 + 1/8,7) = 3,09 - 0,749 = 2,341 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

2.1.5. Расчетная толщина утеплителя: $d_{ут} = R_{ут} \cdot l_{ут} = 2,341 \cdot 0,064 = 0,149 \text{ м}$

Из конструктивных соображений принимаем толщину утеплителя $\delta_{ут}^\phi = 0,15 \text{ м}$.

2.1.6. Фактическое сопротивление теплопередаче глади наружной стены:

$$R_0^{усл, \phi} = (R_b + R_1 + R_3 + R_4 + R_n) + R_{ут}^\phi = (1/\alpha_n + \delta_1/\lambda_1 + \delta_3/\lambda_3 + \delta_4/\lambda_4 + 1/\alpha_b) + \delta_{ут}^\phi/\lambda_{ут} = 0,749 + 0,15/0,064 = 3,093 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Фактическое приведенное сопротивление теплопередаче равно:

$$R_0^\phi = R_0^{усл, \phi} \cdot r = 3,093 \cdot 0,87 = 2,69 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

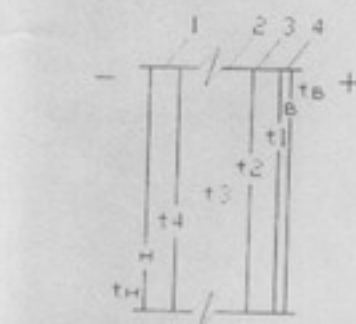
2.2. Коэффициент теплопередачи стены:

$$K_{н.с.} = 1/R_0^\phi = 1/2,69 = 0,372 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}.$$

2.3. Находим распределение температуры в толще стены и на ее поверхностях при температуре наружного воздуха, равной $t_s^{0,92} = -31^\circ\text{C}$.

Гибкие связи практически изменяют сопротивления теплопередаче трех слоев 1,2,3. Однако будем считать, что сопротивление теплопередаче равномерно уменьшается в каждом слое и на поверхностях с коэффициентом пропорциональности, равным коэффициенту теплотехнической однородности $r=0,87$.

Распределение температуры по толщине конструкции определяется по формуле:



$$t_x = t_b - \frac{R_x}{R_0^\phi} (t_b - t_n); \quad t_x = t_n + \frac{R_x}{R_0^\phi} (t_b - t_n)$$

$$t_b = t_n - \frac{R_b^{усл} \cdot r}{R_0^\phi} (t_b - t_n) = 19 - \frac{1/8,7 \cdot (19 + 31) \cdot 0,87}{2,69} = 17,1^\circ\text{C}$$

$$t_1 = t_b - \frac{(R_b^{усл} + R_4^{усл}) \cdot r}{R_0^\phi} (t_b - t_n) = 19 - \frac{(1/8,7 + 0,02/0,76) \cdot 0,87}{2,69} \cdot 50 = 16,7^\circ\text{C}$$

$$t_2 = t_B - \frac{(R_B^{ycл} + R_4^{ycл} + R_3^{ycл}) \cdot r}{R_0^{\Phi}} (t_B - t_H) = 19 - \frac{(1/8,7 + 0,02/0,76 + 0,25/0,7) \cdot 0,87}{2,69} \cdot 50 = 5,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_3 = t_H + \frac{(R_n^{ycл} + R_1^{ycл} + R_2^{ycл}/2) \cdot r}{R_0^{\Phi}} (t_B - t_H) = -31 + \frac{[1/23 + 0,12/0,58 + 0,15/(2 \cdot 0,064)] \cdot 0,87}{2,69} \cdot 50 = -8,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_3 = t_H - \frac{(R_n^{ycл} + R_1^{ycл}) \cdot r}{R_0^{\Phi}} (t_B - t_H) = -31 + \frac{[1/23 + 0,12/0,58] \cdot 0,87}{2,69} \cdot 50 = -26,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_H = t_H - \frac{R_H \cdot r}{R_0^{\Phi}} (t_B - t_H) = -31 - \frac{1/23 \cdot 0,87}{2,69} \cdot 50 = -30,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура на внутренней поверхности наружного угла определяется

$$\tau_y = \tau_H - (0,18 - 0,42 \cdot R_0^{\Phi})(t_B - t_H) = 17,1 - (0,18 - 0,42 \cdot 2,69)(19 + 31) = 13,7 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Таким образом, температуры во всех интересующих сечениях при температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 - $t_{5,0,92}^0 = -31^{\circ}\text{C}$, найдены. Постройте график распределения температур в сечении стены М 1:10, по температуре масштаб удобно принять таким, чтобы по вертикали рисунок занимал около 8-15 см. В нашем случае удобно принять в 1 см 5°C .

2.4. Выбор заполнения светопроема. Заказчиком согласованы окна в металлических переплетах. В соответствии с п.1.3 выпуска 1 расчетное требуемое сопротивление теплопередаче для окна равно $R_0^{TP} = 0,45 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

2.4.1. По приложению Л СП 23-101-2004 "Проектирование тепловой защиты здания" (приведенному в приложении 2.1 выпуска 2) конструкцией окна, подходящей для данного типа здания, с равным требуемому (или ближайшим большим) сопротивлением теплопередаче является окно из двухкамерного стеклопакета с межстекольным расстоянием 12 мм в алюминиевых переплетах. Его принимаем для установки, $R_0^{\Phi} = 0,45 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

2.4.2. Коэффициент теплопередачи выбранного окна $K = 1/0,45 = 2,22 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$.

2.4.3. Для определения необходимого уплотнения окна найдем требуемое сопротивление воздухопроницанию:

$$R_{\text{H}}^{TP} = \frac{1}{G^H} \left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0} \right)^{2/3} \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг},$$

где G^H - нормативная воздухопроницаемость окна в алюминиевых переплетах для жилых и общественных зданий в соответствии с таблицей 11 СНиП 23-02-2003 $G^H = 5 \text{ кг}/\text{ч} \cdot \text{м}^2$;

ΔP_0 - разность давлений воздуха по обе стороны окна, при которой проводятся исследования воздухопроницания окон, $\Delta P_0 = 10 \text{ Па}$;

ΔP - разность давлений воздуха по обе стороны окна первого этажа:

$$\Delta P = 0,55H(\gamma_H - \gamma_B) + 0,03\gamma_H v^2, \text{ Па},$$

где H - высота здания от земли до верха вентиляционной шахты; в нашем случае трехэтажного здания с высотой I этажа 4,2 м и высотами II и III этажей по 3,35 м, высотой шахты 3,5 м и отметкой земли -1 м:

$$H = 1 + 4,2 + 2 \cdot 3,35 + 3,5 = 15,4 \text{ м};$$

γ_H, γ_B - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³, определяются в зависимости от наружной и внутренней температур по эмпирической формуле:

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

для внутреннего воздуха $\gamma = 3463/(273 + t_B) = 3463/(273 + 19) = 11,9 \text{ Н/м}^3$;

для наружного воздуха $\gamma = 3463/(273 + t_s^{0,92}) = 3463/(273 - 31) = 14,3 \text{ Н/м}^3$;

v -расчетная скорость ветра для холодного периода, как максимальная из средних скоростей по румбам за январь, повторяемость которой не ниже 16%, по п. 1.1 $v = v_H = 5,1 \text{ м/с}$.

$$\Delta P = 0,55H(\gamma_H - \gamma_B) + 0,03\gamma_H v^2 = 0,55 \cdot 15,4(14,3 - 11,9) + 0,03 \cdot 14,3 \cdot 5,1^2 = 20,3 + 11,2 = 31,5 \text{ Па}.$$

Требуемое сопротивление воздухопроницанию:

$$R_H^{TP} = \frac{1}{G^H} \left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0} \right)^{2/3} = (1/5) \cdot (31,5/10)^{2/3} = 0,432 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг},$$

Необходимо чтобы фактическое сопротивление воздухопроницанию окна было равно или больше требуемого $R_H^{\Phi} \geq R_H^{TP}$. Поэтому значение сопротивления воздухопроницанию, которое принимается в качестве установочного - фактического, берется таким, какое оно должно быть. В данном случае принимаем $R_H^{\Phi} = 0,44 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг}$ и требуем от заказчика закупки окон, в которых по сертификату сопротивление воздухопроницанию не меньше требуемого $R_H^{\Phi} = 0,44 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг}$.

Приложение 2.1

Приведенное сопротивление теплопередаче окон
(по СП 23-101-2004 Приложение Л)

Заполнение светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	
	в деревянных или ПВХ переплетах	в алюминиевых переплетах
1. Двойное в спаренных переплетах остекление из стекла - обычного	0,4	-
- с твердым селективным покрытием	0,55	-
2. Двойное в отдельных переплетах остекление из стекла - обычного	0,44	0,34
- с твердым селективным покрытием	0,57	0,45
3. Тройное в раздельно-спаренных переплетах остекление из стекла - обычного	0,55	0,46
- с твердым селективным покрытием	0,60	0,50
4. Однокамерный стеклопакет из стекла:		
- обычного	0,35	0,34
- с твердым селективным покрытием	0,51	0,43
- с мягким селективным покрытием	0,56	0,47
5. Двухкамерный стеклопакет из стекла:		
- обычного (с межстекольным расстоянием 6 мм)	0,50	0,43
- обычного (с межстекольным расстоянием 12 мм)	0,54	0,45
- с твердым селективным покрытием	0,58	0,48
- с мягким селективным покрытием	0,68	0,52
- с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,65	0,53
6. Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в отдельных переплетах из стекла:		
- обычного	0,56	0,50
- с твердым селективным покрытием	0,65	0,56

- с мягким селективным покрытием	0,72	0,60
- с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,69	0,60
7. Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в раздельных переплетах из стекла:		
- обычное		
- с твердым селективным покрытием	0,65	-
- с мягким селективным покрытием	0,72	-
- с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,80	-
	0,82	-
8. Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,70	-
9. Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплетах	0,74	-
10. Четырехслойное остекление в двух спаренных переплетах	0,80	-