



МОСКОВСКИЙ
ФИНАНСОВО-
ЮРИДИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Теплогазоснабжение с основами теплотехники

**№ 5. Теплотехнические расчеты наружных ограждений отапливаемого
дома**

Автор: Ефремов Герман Иванович, профессор, д.т.н.

Контакты: efremov_german@mail.ru

Москва – 2017

Расчётные параметры наружного воздуха

Для расчета теплотребования здания необходимо выбрать следующие расчетные параметры наружного воздуха (табл. 1), принимаемые по СНиП «Климатология»

Табл. 1.

Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Ед. измерения	Расчетное значение
Расчетная температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92	t_n	°С	
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь	v	м/с	
Продолжительность отопительного периода, принимаемая для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8 °С	$z_{от}$	сут	
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°С	
Средняя температура наиболее холодного месяца	$t_{нхм}$	°С	

Расчётные параметры внутреннего воздуха

Температуру воздуха в помещениях жилых и общественных зданий для холодного периода года при проектировании отопления следует принимать в соответствии с требованиями [2, п. 5.1]:

- а) для жилых помещений – минимальную из оптимальных температур по прил. А.
- б) в других помещениях жилых зданий, а также в общественных и административно-бытовых зданиях – минимальную из допустимых температур по прил. А. Относительная влажность воздуха принимается в пределах допустимых норм. Табл. 2.

Наименование помещения	Расчётная температура внутреннего воздуха в холодный период года, °С	Относительная влажность воздуха, %
Жилая комната *		
Кухня		
Ванная		
Лестничная клетка		
....		

* В угловых помещениях квартир расчетную температуру воздуха следует принимать на 2 °С выше, чем в обычных.

**Приложение А.
 Нормы температуры,
 относительной
 влажности и скорости
 движения воздуха в
 жилых
 зданиях и общежитиях
 в холодный период
 года**

Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
Жилая комната	20-22	18-24 (20-24)	19-20	17-23 (19-23)	45-30	60	0,15	0,2
То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	21-23	20-24 (22-24)	20-22	19-23 (21-23)	45-30	60	0,15	0,2
Кухня	19-21	18-26	18-20	17-25	нн*	нн	0,15	0,2
Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	нн	нн	0,15	0,2
Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	23-27	17-26	нн	нн	0,15	0,2
Помещения для отдыха и учебных занятий	20-22	18-24	19-21	17-23	45-30	60	0,15	0,2
Межквартирный коридор	18-20	16-22	17-19	15-21	45-30	60	0,15	0,2
Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	15-17	13-19	нн	нн	0,2	0,3
Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	нн	нн	нн	нн

* нн - не нормируется

Теплотехнические характеристики строительных конструкций

Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов принимаются по справочным данным [4, прил. Т] в зависимости от условий эксплуатации, характеризующихся параметрами А или Б.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций А или Б зависят от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства.

Влажностный режим помещений устанавливают по [4, табл.1], зону влажности – по [4, прил. В].

После определения влажностного режима помещения и зоны влажности района строительства определяют условия эксплуатации ограждающих конструкций по [4, табл.2] или табл. 3.

Табл. 3.

Влажностный режим помещения (по [4, табл.1])	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности (карта влажности – [4, прил. В])		
	сухой	нормальный	влажный
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Для определенных по табл. 3 условий эксплуатации из справочного приложения [4, прил.Т] выписывают коэффициенты теплопроводности и паропроницаемости материалов, из которых выполнены наружные ограждающие конструкции здания, и заносят в табл.4.

Карта зон влажности

Рис. 1

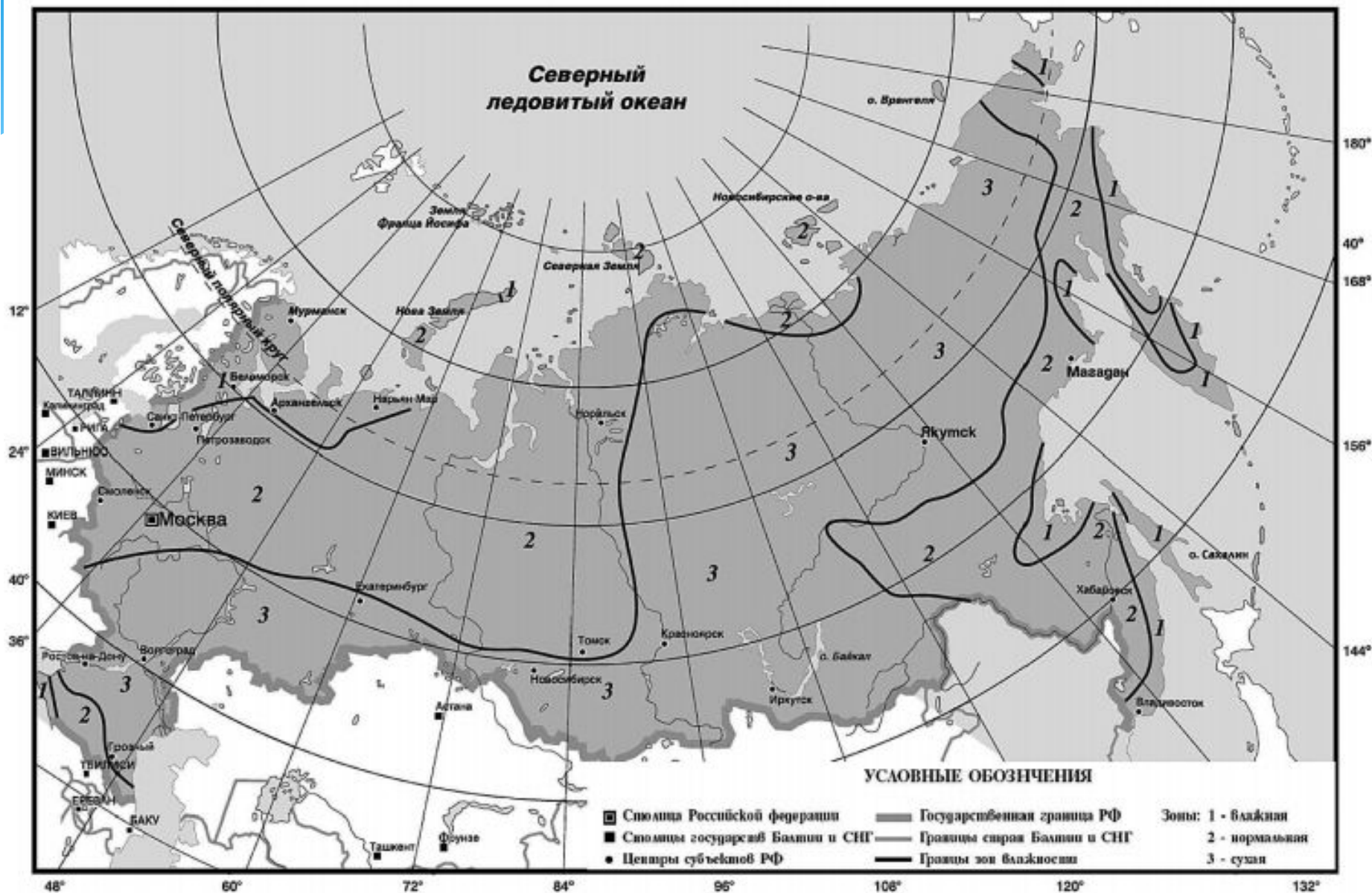


Табл. 4.
Характеристика
наружных
ограждающих
конструкций

Наименование слоя *	Толщина слоя δ , м **	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м · °С)	Коэффициент паропрооницаемости μ , мг/(м · ч · Па)
Наружная стена			
Штукатурка (сложный раствор – песок, известь, цемент)	0,02	0,87	0,098
Кирпичная кладка (кирпич глиняный обыкновенный плотностью 1800кг/м ³)	0,38	0,81	0,11
Пенополистирол	-	0,046	0,05
Кирпичная кладка (кирпич глиняный обыкновенный плотностью 1800кг/м ³)	0,12	0,81	0,11
Перекрытие подвала			
Плиты древесностружечные	0,025	0,16	0,24
Пенополистирол	-	0,046	0,05
Железобетон	0,22	2,04	0,03
Перекрытие верхнего этажа			
Керамзитобетон	0,52	0,22	0,11
Пенополистирол	-	0,046	0,05
Сложный раствор (песок, известь, цемент)	0,03	0,87	0,098

- прочерк стоит у тех слоев, толщина которых должна определяться в результате теплотехнического расчета.

РАСЧЕТ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ЗДАНИЯ

Теплозащитная оболочка здания – это совокупность ограждающих конструкций, образующих замкнутый контур, ограничивающий отапливаемый объем здания.

Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям [4, п. 5.1]:

- а) приведенные сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должны быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);
- б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);
- в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно – гигиеническое требование).

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении требований а, б и в.

1. Обеспечение поэлементных требований по тепловой защите

Поэлементные требования по тепловой защите заключаются в том, чтобы приведенное сопротивление теплопередаче каждой ограждающей конструкции, являющейся частью теплозащитной оболочки здания (наружные стены, окна, перекрытия и т.д.), было не менее нормируемых значений.

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче $R_{0\text{тр}}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$, зависит от количества градусо-суток отопительного периода ГСОП, $\text{°C} \cdot \text{сут}/\text{год}$, рассчитываемого по формуле

РАСЧЕТ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ЗДАНИЯ

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) z_{\text{оп}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

$t_{\text{от}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С;

$z_{\text{оп}}$ – продолжительность отопительного периода, сут.

В зависимости от найденного по формуле (1) значения ГСОП принимается базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче $R_{\text{о}}^{\text{тр}}$ по [4, табл. 3] или прил. Б.

Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше нормируемого сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций.

В случаях, когда наружная или внутренняя температура для отдельных помещений отличается от принятых в расчете ГСОП, базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче (определенные по прил. Б) ограждающих конструкций, разделяющих эти помещения, умножаются на коэффициент n_t , который рассчитывается по формуле

$$n_t = \frac{t_{\text{в}}^* - t_{\text{от}}^*}{t_{\text{в}} - t_{\text{от}}} \quad (2)$$

где $t_{\text{в}}^*$, $t_{\text{от}}^*$ – температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, °С;

$t_{\text{в}}$ и $t_{\text{от}}$ – то же, что в формуле (1).

Приложение Б

Здания и помещения, коэффициенты a и b	ГСОП, °С·сут	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $R_o^{тр}$, м ² ·°С/Вт			
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	покрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей
1	2	3	4	5	6
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8
a	—	0,00035	0,0005	0,00045	0,000025
b	—	1,4	2,2	1,9	—

Приложение Б (продолжение)

1	2	3	4	5	6
2. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимом	2000	1,8	2,4	2,0	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8
<i>a</i>	–	0,0003	0,0004	0,00035	0,000025
<i>b</i>	–	1,2	2,6	1,3	0,25

Значения $R_o^{мр}$ для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять

по формуле

$$R_o^{мр} = a \cdot \text{ГСОП} + b,$$

где *a*, *b* – коэффициенты, приведенные в графе 1 для соответствующей группы зданий, за исключением графы 6 для группы зданий в поз.1, где

для интервала до 6000 °С·сут/год: $a = 0,000075$, $b = 0,15$;

для интервала 6000-8000 °С·сут/год: $a = 0,00005$, $b = 0,3$;

для интервала 8000 °С·сут/год и более: $a = 0,000025$; $b = 0,5$.

РАСЧЕТ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ЗДАНИЯ

В случаях когда невозможно наружное утепление стен, нормируемое значение сопротивления теплопередаче стен допускается определять по формуле:

$$R_{0\text{тр}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{\Delta t^n \cdot \alpha_{\text{в}}} \quad (3)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции Вт/(м²·°С), принимаемый по [4, табл.4], для стен, полов, гладких Потолков $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·°С);

Δt^n – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С, принимаемый по [4, табл. 5], в жилых зданиях $\Delta t^n = 4$ °С для стен, $\Delta t^n = 3$ °С для перекрытий и чердачных покрытий, $\Delta t^n = 2$ °С для перекрытий над подвалами;

$t_{\text{в}}$ – то же, что в формуле (1);

$t_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92, °С.

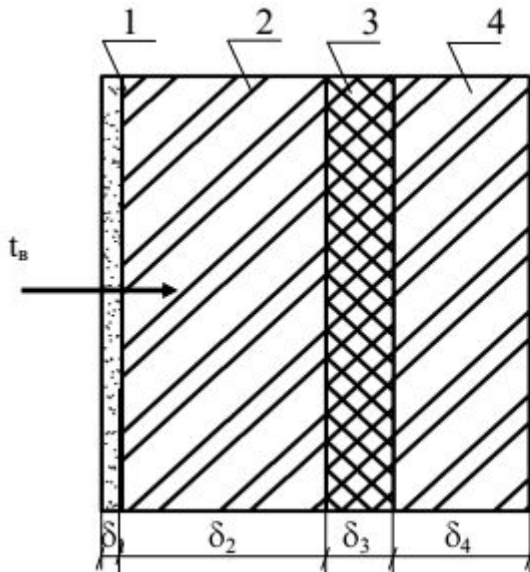
Нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей и ворот должно быть не менее 0,6 $R_{0\text{тр}}$ стен зданий, определяемого по формуле (3). Согласно методике, приведенной в [4, прил. Е, Н], приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки рассчитывается с использованием результатов расчетов температурных полей, что является довольно сложным расчетом.

Пример теплотехнического расчета

Пример 1. Требуется выполнить теплотехнический расчет наружных ограждений жилого дома. Пример изображения конструкции наружной стены приведен на рис. 2. Расчет заключается в подборе толщины утеплителя, обеспечивающей требуемое сопротивление теплопередаче.

Исходные данные

Район строительства – г. Архангельск. Продолжительность отопительного периода $z_{\text{оп}} = 251$ сут. Температура наиболее холодной пятидневки $t_{\text{н}} = -31^{\circ}\text{C}$. Средняя температура за отопительный период $t_{\text{от}} = -4,7^{\circ}\text{C}$. Зона влажности – нормальная. Наименование материалов слоев конструкций и коэффициенты их теплопроводности даны в табл. 4.



- 1 – штукатурка толщиной $\delta_1 = 0,02$ м; $\lambda_1 = 0,87$ Вт/м·°С;
- 2 – кирпичная кладка толщиной $\delta_2 = 0,38$ м, (кирпич глиняный обыкновенный), плотность 1800 кг/м³; $\lambda_2 = 0,81$ Вт/м·°С;
- 3 – утеплитель (пенополистирол), толщина δ_3 определяется расчетом; $\lambda_3 = 0,046$ Вт/м·°С;
- 4 – кирпичная кладка толщиной $\delta_4 = 0,12$ м, $\lambda_4 = 0,81$ Вт/м·°С.

Рис. 2. Конструкция наружной стены здания.

Пример теплотехнического расчета

Решение

Определяем количество градусо-суток отопительного периода по формуле (1):

$$ГСОП = (20 + 4,7) \cdot 251 = 6200 \text{ С сут.}$$

По прил. В путем интерполяции по полученному значению градусо-суток определяем базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче для наружной стены: $R_{отр} = 3,57 \text{ (м}^2 \cdot \text{С)/Вт.}$

Так как в конструкции стены присутствуют элементы с другими значениями коэффициента теплопроводности (крепёжные элементы, оконные ригели и т. п.), то их влияние учитывается путем вычисления приведенного сопротивления теплопередаче $R^{пр}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{С)/Вт}$, по формуле

$$R^{пр} = R_0^{тр} / r, \quad (4)$$

где r – коэффициент теплотехнической однородности, в расчетах принимается равным от 0,7 до 0,8.

Вычисляем приведенное сопротивление теплопередаче для стены по формуле (4):

$$R^{пр} = 3,57 / 0,75 = 4,76 \text{ (м}^2 \cdot \text{С)/Вт.}$$

Суммарное сопротивление теплопередаче через многослойную конструкцию R , $(\text{м}^2 \cdot \text{С)/Вт}$, определяется формулой

$$R = \frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (5)$$

Теплопередача через плоскую стенку

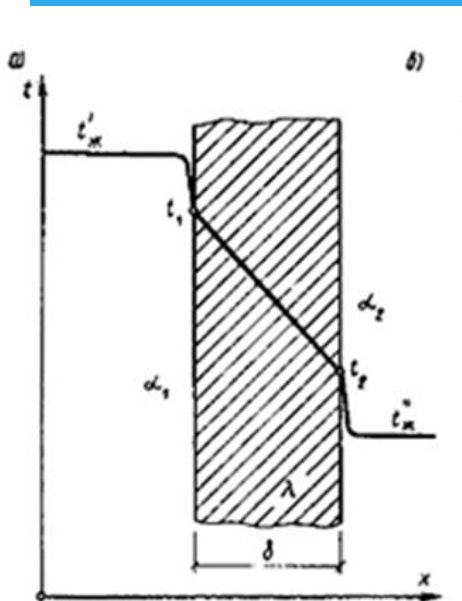


Рис. 3.

где α_2 – коэффициент теплоотдачи от поверхности стенки к холодной среде с температурой $t''_{ж}$.

Решая эти три уравнения совместно получаем:

$$Q = (t'_{ж} - t''_{ж}) \cdot F \cdot K, \quad (8)$$

где $K = 1 / (1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2)$ – коэффициент теплопередачи, (9)

$R = 1/K = 1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2$ – полное термическое сопротивление теплопередачи через многослойную плоскую стенку. Коэффициенты теплоотдачи находят по критериальным уравнениям [4]. Приближенные значения – по таблицам.

Теплоотдача от горячей среды $t'_{ж}$, к холодной среде $t''_{ж}$.

Количество теплоты, переданной от горячей среды к стенке по уравнению Ньютона-Рихмана имеет вид:

$$Q = \alpha_1 \cdot (t'_{ж} - t_1) \cdot F, \quad (6)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от горячей среды с температурой $t'_{ж}$ к поверхности стенки с температурой t_1 ; F – расчетная поверхность плоской стенки.

Тепловой поток через стенку определяется по уравнению:

$$Q = \lambda/\delta \cdot (t_1 - t_2) \cdot F. \quad (7)$$

Тепловой поток от второй поверхности стенки к холодной среде определяется по формуле: $Q = \alpha_2 \cdot (t_2 - t''_{ж}) \cdot F, \quad (6)$

Пример теплотехнического расчета

где α_v – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции Вт/(м²·°С), принимаемый по [4, табл.4], для стен, полов, гладких Потолков $\alpha_v = 8,7$ Вт/(м²·°С);

δ_i - толщина слоя, м;

λ_i - коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м С), принимаемый по Табл. 4.

Подставляя в формулу (5) вместо R вычисленное по формуле (2.4) значение $R^{пр}$, а также все известные значения толщин слоев и коэффициентов теплопроводности, получаем выражение

$$4,76 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{\delta_{ут}}{0,046} + \frac{0,12}{0,81} + \frac{1}{23},$$

из которого вычисляем неизвестное значение толщины утеплителя: $\delta_{ут} = 0,182$ м.

Полученное значение нужно округлить до ближайшего большего значения стандартно выпускаемой толщины утеплителя. Принимаем $\delta_{ут} = 0,2$ м и уточняем значение сопротивления теплопередаче по формуле (5):

$$R_{cm} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,2}{0,046} + \frac{0,12}{0,81} + \frac{1}{23} = 5,14 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт.}$$

Пример теплотехнического расчета

Аналогично рассчитывается толщина утеплителя для перекрытий верхнего этажа и подвала и вычисляется их сопротивление теплопередаче. Результаты расчета:

- для перекрытия верхнего этажа $R_{пв} = 5,82 (\text{м}^2 \text{С})/\text{Вт}$;

- для перекрытия подвала $R_{пп} = 5,86 (\text{м}^2 \text{С})/\text{Вт}$.

Для окна расчет заключается в подборе оконной конструкции с приведенным сопротивлением теплопередаче не меньшим, чем вычисленное по формуле (4): $R_{ок}^{пр} = 0,61/0,75 = 0,81 (\text{м}^2 \text{С})/\text{Вт}$.

Принимаем по прил. В следующую конструкцию окна: однокамерный стеклопакет с одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением аргоном, имеющий сопротивление теплопередаче

$$R_{ок} = 0,81 (\text{м}^2 \text{С})/\text{Вт}.$$

Требуемое сопротивление теплопередаче входной двери лестничной клетки $R_{д}$, $(\text{м}^2 \text{С})/\text{Вт}$, определяется по формуле

$$R_{д} = 0,6 \cdot R_{ст}^{тр}, \quad (10)$$

где $R_{ст}^{тр}$ – требуемое сопротивление теплопередаче стены, рассчитанное по формуле (3).

$$R_{д} = 0,6 \cdot \frac{20+31}{4 \cdot 8,7} = 0,88 (\text{м}^2 \text{°С})/\text{Вт}.$$

Расчет закончен.

Вид стеклопакета	Сопротивление теплопередаче центральной части стеклопакета $R_{окс}$ м ² ·°C/Вт		
Однокамерные стеклопакеты			
	Расстояние между стеклами 12 мм	Расстояние между стеклами 16 мм	Расстояние между стеклами 20 мм
Из стекла без покрытий с заполнением воздухом	0,34	0,35	0,35
Из стекла без покрытий с заполнением аргоном	0,36	0,37	0,37
С одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,59	0,65	0,64
С одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением аргоном	0,76	0,81	0,79
Двухкамерные стеклопакеты			
	Расстояние между стеклами 10 мм и 10 мм	Расстояние между стеклами 14 мм и 14 мм	Расстояние между стеклами 18 мм и 18 мм
Из стекла без покрытий с заполнением воздухом	0,46	0,5	0,53
С одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,64	0,78	0,9
С одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением аргоном	0,78	0,95	1,05
С двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,82	1,06	1,27
С двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением аргоном	1,1	1,4	1,55

Термо- сопротивление стеклопакета

Приложение В

Определение расходов теплоты

В теплотехнические расчеты наружных ограждений отапливаемого дома входит определение сопротивления теплопередаче ограждений. Общее сопротивление теплопередаче ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$) многослойного ограждения R_0 определяют по формуле

$$R_0 = R_{в} + R_1 + R_2 + R_{вп} + R_3 + \dots + R_n, \quad (11)$$

где $R_{в}$, R_n - сопротивление тепловосприятию и теплоотдаче соответственно у внутренней и наружной поверхностей, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ (табл. 5);

R_1 , R_2 , R_3 - термическое сопротивление отдельных слоев ограждения $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;

$R_{вп}$ - термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ (табл. 6)

Таблица 5. Коэффициенты тепловосприятости α_v , теплоотдачи α_n и сопротивления тепловосприятию R_v, R_n у внутренней и наружной поверхностей ограждения

Характеристика поверхностей	$\alpha_v,$ Вт/м ² ·°С	$R,$ м ² ·°С/Вт
Внутренняя поверхность		
Внутренние поверхности стен, полов, а также потолков, гладких или со слабо выступающими и редко расположенными ребрами, отношение высоты h , которых к расстоянию «а» между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	0,7	0,15
Потолки с выступающими ребрам при $h/a > 0,3$	7,6	0,18
Наружная поверхность		
Поверхности, соприкасающиеся непосредственно с наружным воздухом - наружные стены, бесчердачные покрытия (совмещенные крыши) и пр.	20	0,06
Поверхности, непосредственно не соприкасающиеся с наружным воздухом: выходящие на чердак	12	0,116
над холодными подвалами и подпольями	5	0,23

Таблица 6. Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек $R_{вп}$

Толщина прослойки, мм	$R_{вп}$, $m^2 \cdot ^\circ C / W$			
	для горизонтальных прослоек при потоке теплоты:			
	снизу-вверх, для вертикальных прослоек		сверху-вниз	
	летом	зимой	летом	зимой
10	0,13	0,15	0,14	0,15
20	0,14	0,15	0,15	0,19
30	0,14	0,16	0,16	0,21
50	0,14	0,17	0,17	0,22
100	0,15	0,18	0,18	0,23
150	0,15	0,18	0,19	0,24
200-300	0,15	0,19	0,19	0,24

Термическое сопротивление отдельных однородных слоев ограждения

2. Термическое сопротивление отдельных однородных слоев ограждения $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, определяют по формуле

$$R_N = \delta / \epsilon \lambda, \quad (12)$$

где δ – толщина слоя материала, мм;

ϵ - коэффициент качества теплоизоляции наружного ограждения (для наружных ограждений, утепленных материалов, подверженных уплотнению, деформации или усадке, например, стиропор, минераловатные плиты, войлок и другое независимо от объемной массы принимают $\epsilon = 1,2$; для ограждений, утепленных теплоизоляционными материалами с объемной массой менее 400 кг/м^3 , за исключением материалов, указанных выше, $\epsilon = 1,1$, а для всех прочих наружных ограждений $\epsilon = 1$);

λ - коэффициент теплопроводности $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;

γ - объемная масса материала с учетом пустот, кг/м^3 .

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. СП 131.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* Строительная климатология. – М.: Минрегион России, 2012.– 113 с.
2. СП 60.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Минрегион России, 2012. –76 с.
3. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.- М.: Госстрой России, 1999.-8с
4. СП 50.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий– М.: Минрегион России, 2012 – 96с.
5. Богословский, В.Н.Строительная теплофизика / В.Н.Богословский. – М.: Высшая школа, 1982. – 415 с.
6. Тихомиров, К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: учеб. для вузов/ К.В. Тихомиров, Э.С. Сергеенко.– М.: Стройиздат, 2007.– 480 с.
7. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети. Госкомитет РФ по строительству. М., 2003.– 38 с.

ЛИТЕРАТУРА

Дополнительная литература:

8. Бирюзова Е.А. Теплоснабжение. Часть 1. Горячее водоснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бирюзова Е.А.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 192 с
9. Подпоринов Б.Ф. Теплоснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Подпоринов Б.Ф.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011.— 267 с.
10. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. /Под ред. проф. Б. М. Хрусталева - М.: Изд-во АСВ, 2005. - 576 с, 129 ил.
11. Шарапов В.И. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения [Электронный ресурс]: монография/ Шарапов В.И., Ротов П.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Новости теплоснабжения, 2007.— 165 с.
12. Гончар В. В. Теплоснабжение города: метод. указания к выполнению курсового и дипломного проектов / Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т;– Воронеж, 2009. – 55 с.
13. Андреевский А.К. (под. ред. Одельский Э.Х., Мухин О.А.) Лабораторный практикум по теплогазоснабжению и вентиляции: учебное пособие для вузов. 2017, 304 с.