

Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций

Задание

Произвести теплотехнический расчёт ограждающих конструкций многоэтажного жилого дома в соответствии с заданным районом строительства и строительными материалами.

1. Определить требуемое сопротивление теплопередаче.
2. Исходя из значений сопротивления (п. 1) определить:
 - расчетное сопротивление теплопередаче,
 - сопротивление отдельных слоев наружной стены и толщину теплоизоляционного слоя конструкции.
 - рассчитать фактическое сопротивление теплопередаче и коэффициент теплопередачи.

Общие сведения

В холодный период года для поддержания в жилых помещениях жилого дома комфортной для людей температурно-влажностной обстановки, используют различные виды систем отопления и вентиляции. При этом возникают потери тепла через наружные ограждающие конструкции изнутри здания наружу, называемые теплопотерями. Теплопотери через отдельные ограждения помещений и здания в целом зависят от многих факторов: температуры внутри помещений и наружной температуры, используемых строительных материалов и конструктивных особенностей ограждений, ориентации ограждений по сторонам света, скорости и розы ветров. Многие из этих факторов меняются в течение отопительного периода, определяемого декретным путём на основе санитарно-гигиенических норм.

Система отопления должна доставлять в отапливаемое помещение тепла не меньше, чем потери тепла через наружные ограждающие конструкции помещения, при расчётных температурах наружного воздуха в зимний отапливаемый период, определяемых многолетними наблюдениями климата на

данной территории, и внутреннего воздуха, задаваемой санитарно-гигиеническими нормами для данного помещения.

Ограждения здания должны обладать требуемыми теплозащитными свойствами и быть в достаточной степени воздухо- и влагонепроницаемыми.

В теплотехническом отношении наружные ограждающие конструкции зданий должны удовлетворять следующим требованиям:

- а) обладать достаточными теплозащитными свойствами, чтобы лучше сохранять тепло в помещении в холодное время и защитить помещение от перегрева летом;
- б) температура на внутренних поверхностях, воздухопроницаемость и влажность наружных ограждений не должны превосходить допускаемых нормами пределов, чтобы избежать появления конденсата, ощущения дутья, ухудшения теплозащитных свойств и санитарно-гигиенических условий ограждаемого помещения.

Проектирование наружных ограждений построено на принципах ограничения количества тепла, теряемого ограждением в отопительный период и поддержания на внутренней поверхности наружного ограждения температуры, при которой на внутренней поверхности не образуется конденсат.

Характеристики ограждений и конструкций здания

Характеристики ограждений здания необходимы для теплотехнических расчётов и определения поверхностей ограждений. Материалы конструкций здания, включая наружные и внутренние ограждающие и несущие конструкции, представлены в табл.2 и 3.

Стены

Конструкция наружной стены указана в приложении 1. Утеплитель и кирпичная кладка выбираются из табл.3.1 согласно варианта.

Наружная и внутренняя отделка принимается по усмотрению студента или преподавателя.

Внутренние продольные стены исполняются из материалов наружных стен. Внутренние поперечные стены изготавливаются из железобетонных панелей с вентиляционными и дымовыми каналами. Перегородки межквартирные – крупнопанельные гипсобетонные двухслойные или блоки из ячеистых бетонов, укрупнённые в панели. Перегородки межкомнатные – крупнопанельные гипсобетонные. Перегородки санитарных узлов – железобетонные.

Перекрытия

Перекрытия над техническим подпольем – конструкция указана в приложении 1. Утеплитель выбирается из табл.3.2 согласно варианта.

Полы жилых комнат – паркетные или по желанию студента или преподавателя. Полы кухонь и санитарных узлов - из влагостойких материалов (линолеум, плитка и пр.).

Перекрытия чердачные – конструкция указана в приложении 1. Утеплитель выбирается из табл.3.3 согласно варианта.

Порядок выполнения

1. По своему варианту, определить район строительства (город) и его климатические характеристики (табл.1 Приложения 2):

– зона влажности : С – сухая, Н – нормальная, В – влажная;

t_n^1 – средняя температура наиболее холодных суток, °С;

t_n^5 – средняя температура наиболее холодной пятидневки, °С;

$t_{оп}$ – средняя температура отопительного периода, °С;

$Z_{оп}$ – продолжительность отопительного периода, сут;

v – средняя скорость ветра зимой, м/с;

2.Теплотехнический расчёт наружных ограждений рекомендуется вести в следующей последовательности:

а) вычертить схемы сечений наружных ограждающих конструкций:

- наружной стены,
- перекрытия подвала
- перекрытия последнего этажа,

с заданными толщинами несущих и других конструктивных слоёв из материалов, определяемых вариантом, и теплоизоляционных слоёв из заданного материала;

б) определить режим эксплуатации ограждающих конструкций и здания в целом, зависящий от сочетания влажностного режима помещения, задаваемого санитарно-гигиеническими условиями (табл.5):

C – сухой ($\phi < 45 \%$), *H* – нормальный ($45\% < \phi < 65\%$) и *B* – влажный ($\phi > 65\%$), с зоной влажности района строительства:

C – сухая, *H* – нормальная, *B* – влажная, определяемой из табл.1.

Сочетания *C–C*, *C–H* или *H–C* определяют условия эксплуатации *A*, а все остальные сочетания – *B*. Так как влажность воздуха в жилых помещениях задаётся в пределах 45-65%, (режим *H*) то сочетание условия *H* помещения с зоной влажности *C* даст условия эксплуатации *A*, а в прочих условиях – *B*.

В зависимости от условий эксплуатации из табл. 2 и табл.3 выбирают значения теплофизических характеристик материалов ограждающих конструкций;

в) найти требуемое сопротивление теплопередаче наружных ограждений (исключая световые проёмы) по формуле, определяемой санитарно-гигиеническими требованиями:

$$R_0^{TP} = (t_b - t_n) \cdot n / (\Delta t^H \cdot \alpha_b), \quad (1)$$

где t_b – расчётная температура воздуха внутри помещения, определяемая в зависимости от рода помещения, санитарно-гигиеническими нормами и нормируемая СНиП 23-02-2003. Для жилых помещений $t_b = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

t_n – расчётная зимняя температура наружного воздуха района строительства, принимаемая в зависимости от массивности ограждения.

Современные требования к теплозащите наружных ограждений, делают их достаточно массивными, что обуславливает равенство зимней расчётной температуры средней температуре наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 92% для данной местности, т.е. $t_n = t_n^5$;

n – поправочный коэффициент, зависящий от положения ограждающей конструкции относительно наружного воздуха, нормируемый СНиП 23-02 2003,

и равный: 1 - для ограждения, взаимодействующего с наружным воздухом непосредственно, 0,9 – для чердачного перекрытия и 0,6 - для перекрытия над подвальным помещением с заполнениями световых проёмов;

Δt^H – нормируемый температурный перепад между внутренней поверхностью наружного ограждения и воздухом помещения, равный: для наружной стены 4 °С; для пола первого этажа 2°С и для перекрытия последнего этажа 3°С;

$\alpha_{в}$ – коэффициент теплоотдачи между внутренней поверхностью наружного ограждения и воздухом, равный 8,7 Вт/м² К;

г) найти значение приведённого сопротивления теплопередачи $R_{0пр}$ (табл.4 Приложения 2) по значению ГСОП (градусо-сутки отопительного периода), определяемого по формуле:

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

где $t_{оп}$ и $Z_{оп}$ – средняя температура и продолжительность отопительного периода района строительства, со среднесуточной температурой наружного воздуха менее +8 °С, определяемые по СНиП 2.01.01- 99 «Строительная климатология » или из табл.1;

д) выбрать в качестве расчётного сопротивления теплопередаче ограждения R_0^P большее из значений R_0^{TP} и R_0^{MP} , и задавшись конструкцией ограждения, составить уравнение термического сопротивления теплопередаче с одним неизвестным, которым является толщина теплоизоляционного слоя:

$$R_0^P = 1/\alpha_{в} + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \dots + \delta_{из}/\lambda_{из} + \dots + \delta_n/\lambda_n + 1/\alpha_n, \quad (3)$$

где $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ - толщины конструкционных слоёв ограждения, выбираемые из табл.2 Приложения 2 или, задаваемые преподавателем;

$\delta_{из}$ – расчётная толщина теплоизоляционного слоя ограждения, определяемая из формулы (3):

$$\delta_{из}^P = [R_0^P - (1/\alpha_{в} + \delta_1/\lambda_1 + \dots + \delta_n/\lambda_n + 1/\alpha_n)] \cdot \lambda_{из}; \quad (4)$$

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{из}, \dots, \lambda_n$, – коэффициенты теплопроводности соответствующих слоёв ограждения, определяемые из табл.2 и 3 Приложения 2 в соответствии с условиями эксплуатации;

$\alpha_{в}, \alpha_{н}$ – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей ограждения, соответственно 8,7 и 23,2 Вт/(м²К);

δ/λ - термическое сопротивление слоя.

е) полученное значение $\delta_{из}^p$ необходимо округлить в сторону увеличения до величины $\delta_{из}$, кратной минимальному шагу толщины теплоизоляционного слоя материала и принять её в качестве расчётной;

ж) округлённое значение толщины теплоизоляционного слоя $\delta_{из}$ подставить в уравнение (3) и получить действительное значение термического сопротивления теплопередаче R_0 по формуле (3);

з) определить коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции:

$$k = 1/ R_0; \quad (5)$$

и) проверить ограждающие конструкции (кроме заполнений световых проёмов) на отсутствие конденсации на их внутренних поверхностях из условия:

$$t_{тр} < \tau_{в}, \text{ – конденсация отсутствует,} \quad (6)$$

где $t_{тр}$ – температура точки росы, определяемая из *id* – диаграммы влажного воздуха при $\varphi = 65\%$;

$\tau_{в}$ – температура на внутренней поверхности ограждения, определяемая по формуле:

$$\tau_{в} = t_{в} - k (t_{в} - t_{н}) / \alpha_{в}, \quad (7)$$

где $t_{в}, t_{н}, \alpha_{в}$ – то же, что и в (1).

Результаты расчета свести в таблицы (для каждого вида ограждения):

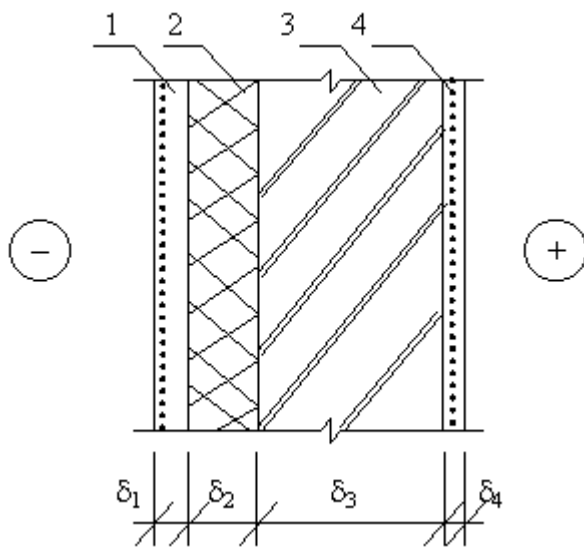
Характеристики элементов ограждающей конструкций

№	Наименование материала слоя	Толщина слоя (м)	Средний объёмный вес (плотность) (кг/м ³)	Коэффициент теплопроводности, $\lambda, \text{Вт}/(\text{м К})$	Термическое сопротивление теплопередаче $R, \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Коэффициент теплопередачи, $\frac{k, \text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$
1						
...						
n						
Итого:						

Контрольные вопросы

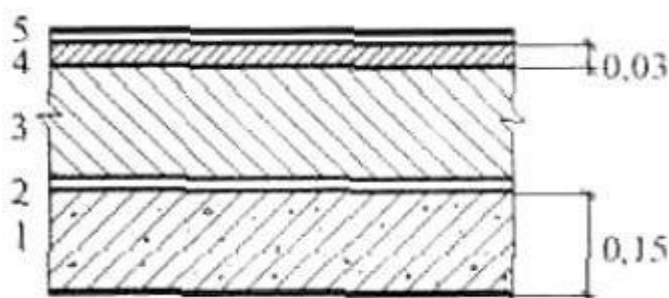
1. В чём заключается теплотехнический расчёт ограждающих конструкций?
2. По каким условиям принимается значение требуемого (минимально допустимого) сопротивления теплопередаче многослойного ограждения?
3. Как назначается температура наружного воздуха в формуле требуемого сопротивления теплопередачи?
4. Что подразумевает термин ГСОП?
5. Составьте уравнение сопротивления теплопередаче многослойной конструкции ограждения (например, пятислойной наружной стены).
6. Как влияет количество градусо-суток отопительного периода на величину сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций?

Конструкции наружной стены



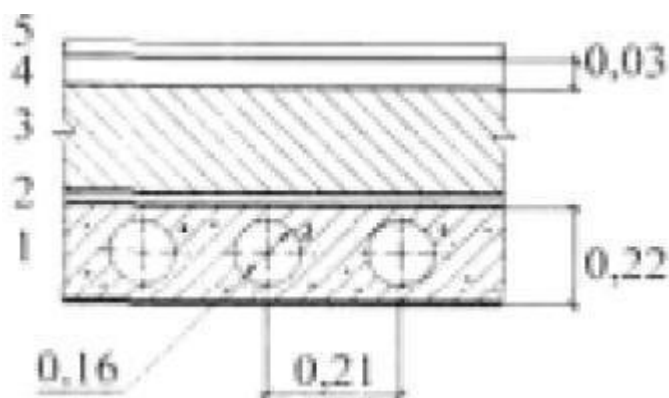
- 1, 4 – штукатурный слой;
- 2 – утеплитель;
- 3 – несущий слой кирпичной кладки

Перекрытие над неотапливаемыми подвалами



- 1- железобетонная плита;
- 2 - один слой руберойда;
- 3 - утеплитель
- 4 - цементно-песчаная стяжка
- 5 - линолеум

Бесчердачные перекрытия



- 1- железобетонная круглопустотная плита;
- 2 - один слой руберойда;
- 3 - утеплитель
- 4 - цементно-песчаная стяжка
- 5 - три слоя руберойда

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1

Климатические характеристики районов строительства (СНиП 2.01.01-82)

№ вар	Район строительства (город)	Зона влаж- ности	Температура наружного воздуха средняя			Продол жительн ость отопите льного периода	Преобла дающее направл ение ветра за декабрь- февраль	Зим. скорос ть ветра			
			хол. сут.	хол. пятид.	отоп. пер.						
			С,Н,В	t_n^1	t_n^5				$t_{om.n}$	Z	v
				$^{\circ}C$	$^{\circ}C$				$^{\circ}C$	сут	м/с
1	Алматы	Н	-28	-21	-1,6	168	Ю	1,1			
2	Ростов-на-Дону	С	-27	-22	-3,6	171	В	4,4			
3	С.-Петербург	В	-30	-26	-1,8	220	ЮЗ	2,8			
4	Мурманск	В	-32	-27	-3,2	275	Ю	5,6			
5	Якутск	С	-57	-54	-20,6	256	С	1,9			
6	Сочи	В	-6	-3	6,4	72	СВ	3,2			

Таблица 2

Теплофизические характеристики материалов и элементов ограждающих конструкций (СНиП II-3-79**)

№ вар	Наименование ограждения и материала	Плотн в сух. состоянии ρ_0 , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации λ , Вт/(м К)		Миним шаг тол. слоя δ , м
			A	B	
1	Кладка из кирпича обыкновенного	1800	0,7	0,81	0,12
2	Кладка из кирпича силикатного	1800	0,75	0,87	0,12
3	Кладка из кирпича трепельного	1200	0,46	0,52	0,12
4	Кладка из кирпича шлакового	1500	0,64	0,70	0,12
5	Кладка из кирпича пустотелого	1400	0,52	0,58	0,12
	Штукатурка цем-песч.	1800	0,76	0,93	0,01
	Штукатурка изв. песч.	1600	0,70	0,81	0,01
	Раствор цементно- песчаный	1800	0,76	0,93	
	Железобетон	2500	1,92	2,04	0,15

	Железобетонная круглопустотная плита	2500	1,92	2,04	0,22
--	--	------	------	------	------

Таблица 3.1

Теплофизические характеристики
тепло- и влагоизоляционных материалов и покрытий

№ вар	Наименование материала	Плотн.в сухом виде $\rho_0, \text{кг/м}^3$	Коэффициент теплопроводности при усл. эксплуат. $\lambda, \text{Вт/(м К)}$		Шаг толщ. изоляция и $\delta, \text{м}$
			<i>A</i>	<i>B</i>	
1	Маты минераловатные	125	0,064	0,07	0,05
2	То же	75	0,058	0,064	0,05
3	То же	50	0,052	0,058	0,05
4	Плиты мяг. минер-ват	200	0,076	0,081	0,05
5	То же	100	0,058	0,070	0,072
6	То же	50	0,052	0,058	0,05
	Паркет	800	0,20	0,23	0,015
	Линолеум	1100	0,19	0,19	0,01
	Рубероид, пергамин	600	0,17	0,17	0,003
	Битум нефтяной	1050	0,17	0,17	0,003

Таблица 3.2

Теплофизические характеристики
тепло- и влагоизоляционных материалов перекрытий

№ вар	Наименование материала	Плотн.в сухом виде $\rho_0, \text{кг/м}^3$	Коэффициент теплопроводности при усл. эксплуат. $\lambda, \text{Вт/(м К)}$		Шаг толщ. изоляция и $\delta, \text{м}$
			<i>A</i>	<i>B</i>	
1	Гравий керамзитовый	800	0,21	0,23	
2	Гравий шунгизитовый	800	0,2	0,23	
3	Щебень из доменного шлака	800	0,21	0,26	
4	Вермикулит вспученный	200	0,09	0,11	0,01

Теплофизические характеристики
тепло- и влагоизоляционных материалов чердачных перекрытий

№ вар	Наименование материала	Плотн.в сухом виде $\rho_0, \text{кг/м}^3$	Коэффициент теплопроводности при усл. эксплуат. $\lambda, \text{Вт/(м К)}$		Шаг толщ. изоляции и $\delta, \text{м}$
			A	B	
1	Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующих	350	0,09	0,11	0,05
2	То же	300	0,087	0,09	0,05
3	Пеностекло или газостекло	400	0,12	0,14	0,08
4	То же	300	0,11	0,12	0,06
5	То же	200	0,08	0,09	0,05

Таблица 4

Приведённые сопротивления ограждающих
конструкций жилых зданий, $R_0^{np}, \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, по ГСОП

ГСОП = $(t_{в}-t_{отп}) \times Z,$ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$	Приведённое сопротивление ограждающих конструкций жилых зданий, $R_0^{np}, \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.			
	Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных и над хол. подп.	Окон и балкон. дверей
2000	2,1	3,2	2,8	0,35
4000	2,8	4,2	3,7	0,40
6000	3,5	5,2	4,6	0,45
8000	4,2	6,2	5,5	0,50
10000	4,9	7,2	6,4	0,55
12000	5,6	8,2	7,3	0,60

Таблица 5

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений зданий	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б