

Теплотехнический расчет

Архитектура

Пример. Теплотехнический расчет трехслойной стены без воздушной прослойки.

- **1. Климат местности и микроклимат помещения.**
- Район строительства: г. Караганда
- Назначение здания: жилое.
- Расчетная относительная влажность внутреннего воздуха из условия не выпадения конденсата на внутренних поверхностях наружных ограждений равна - 55% (СНиП теплотехника РК 2.04.-03.2002, п.1.2 табл.1 для нормального влажностного режима).

Таблица 1

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре		
	до 12°C	св. 12 до 24°C	св. 24°C
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60	Св. 40 до 50
Влажный	Св. 75	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60
Мокрый	—	Св. 75	Св. 60

- Оптимальная температура воздуха в жилой комнате в холодный период года $t_v = 20^\circ\text{C}$
- Расчетная температура наружного воздуха t_n , определяемая по температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 = -37°C (СНиП РК 2.04-01-2010 Строительная климатология, Приложение А Таблица А.1 - Климатические параметры холодного периода года 1 столбец 4);

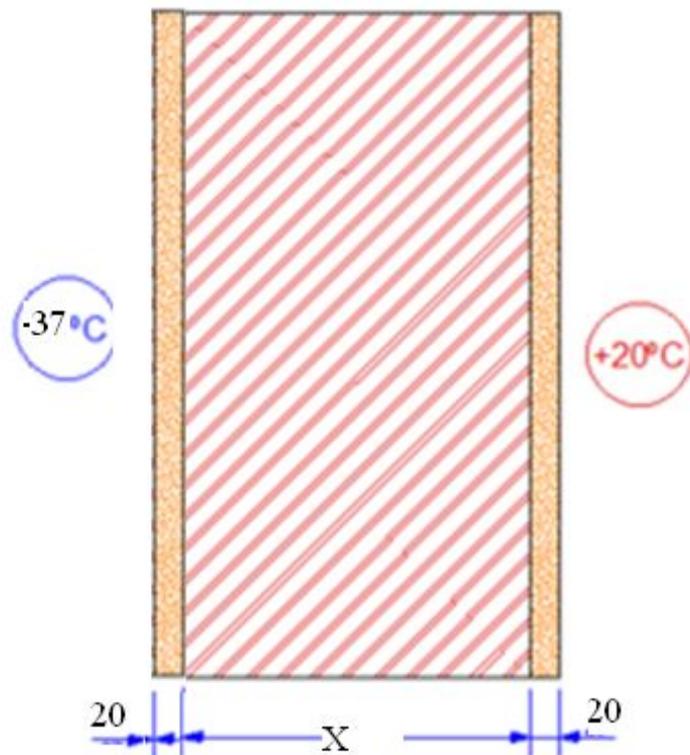
- Продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой наружного воздуха 8°C равна $z_{ht} = 214$ сут
- **(СН РК 2.04-21-2004* (Т а б л и ц а 3.3* - Градусо-сутки и продолжительность отопительного периода) в зависимости от градусо-суток района строительства:**

Т а б л и ц а 3.3* - Градусо-сутки и продолжительность отопительного периода

Пункт		Градусо-сутки D_d , °С, сут / продолжительность отопительного периода, z_{ht} сут		
		Здания:		
		Жилые, школьные и другие общественные, кроме перечисленных в графах 4 и 5	Поликлиник и лечебных учреждений, домов-интернатов	Дошкольных учреждений
1	2	3	4	5
Акмолинская область				
1	Астана	6286/216	6435 / 229	6664 / 229
2	Атбасар	6496/218	6653 / 231	6884 / 231
3	Кокшетау	6163/217	6302 / 230	6532 / 230
Карагандинская область				
30	Балхаш	5235 / 189	5400 / 203	5603 / 203
31	Жезказган	5432 / 194	5616 / 208	5824 / 208
32	Караганды	5971/214	6106/227	6333 / 227
33	Каркаралы	6188 / 225	6384 / 240	6624 / 240
34	Карсақпай	5656 / 202	5832 / 216	6048/216
35	Кызылжар	5615 / 197	5781/211	5992/211

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_n = -4,9^{\circ}\text{C}$ (СНиП РК 2.04-01-2010 Приложение А, Климатические параметры холодного и теплого периодов года, Таблица А.1 столбец 13).

2. Конструкция стены.



Стена состоит из следующих слоев:

Раствор сложный (песок, известь, цемент) толщиной 20 мм;

Кирпич строительный, на рисунке его толщина обозначена знаком "X", так как она будет найдена в процессе расчета;

Раствор сложный (песок, известь, цемент), дополнительный слой для получения более объективной картины, так как его влияние минимально, но есть.

3. Теплофизические характеристики материалов.

Значения характеристик материалов сведены в таблицу.

с л о и	Материал	Толщи на слоя мм	Плотнос ть, кг/м ³	Теплопровод ность, Вт/(м·град)	Теплое мкость, Дж/(кг· град)
1	Раствор сложный (песок, известь, цемент)	20	1700	0,52-0,7	840
2	Кирпич строительный	x	800...15 00	0.23...0.3	800
3	Раствор сложный (песок, известь, цемент)	20	1700	0,52-0,7	840

Примечание (*): Данные характеристики можно также найти у производителей теплоизоляционных материалов.

Расчет

4. Определение толщины утеплителя.

Для расчета толщины слоя стены необходимо определить сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции исходя из требований санитарных норм и энергосбережения.

4.1. Определение нормы тепловой защиты по условию энергосбережения.

Определение градусо-суток отопительного периода:

$$D_d = (t_v - t_{от.пер}) * z_{от.пер} = (20 + 4,9) * 214 = 5329^{\circ}\text{C}\times\text{сут}$$

где $t_{в}$ - расчётная температура внутреннего воздуха °С, принимаемая в соответствии с нормами проектирования соответствующих зданий и сооружений, принимаем равной +20...+22 °С для жилых зданий;

$t_{от.пер}$ - средняя температура, °С, периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С по **СНиП РК 2.04-01-2010**;

$z_{от.пер}$ - продолжительность, сут., периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С по **СНиП РК 2.04-01-2010** Приложение А (Климатические параметры холодного и теплого периодов года)

Таблица А.1 - Климатические параметры холодного периода года

Населенный пункт	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки и обеспеченностью 0,98	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью 0,98	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью 0,92	Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная температура воздуха, °С	Средняя суточная амплитуда температур	Средняя месячная относительная влажность воздуха	Средняя месячная относительная влажность воздуха	Количество осадков	Преобладающее направление ветра за декабрь - февраль	Максимальная средняя скорость ветра за период со средней суточной температурой воздуха равной или меньшей 8°С	Средняя скорость ветра за период со средней суточной температурой воздуха равной или меньшей 8°С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Карагандинская область												
Караганда	-35	-39	-37	-21	-	9,3	78	-	92	ЮЗ	5,3	4,9

Т а б л и ц а 3.3* - Градусо-сутки и продолжительность отопительного периода

Пункт		Градусо-сутки D_d , °С, сут / продолжительность отопительного периода, $z_{от}$ сут		
		Здания:		
		Жилые, школьные и другие общественные, кроме перечисленных в графах 4 и 5	Поликлиник и лечебных учреждений, домов-интернатов	Дошкольных учреждений
1	2	3	4	5
Акмолинская область				
1	Астана	6286/216	6435 / 229	6664 / 229
2	Атбасар	6496/218	6653 / 231	6884 / 231
3	Кокшетау	6163/217	6302 / 230	6532 / 230
Карагандинская область				
30	Балхаш	5235 / 189	5400 / 203	5603 / 203
31	Жезказган	5432 / 194	5616 / 208	5824 / 208
32	Караганды	5971/214	6106/227	6333 / 227
33	Каркаралы	6188 / 225	6384 / 240	6624 / 240
34	Карсақпай	5656 / 202	5832 / 216	6048/216
35	Кызылжар	5615 / 197	5781/211	5992/211

Примечание: также градусо-сутки имеют обозначение - ГСОП.

Таблица 1*

Здания и помещения	Градусо-сутки отопительного периода, °С · сут	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций не менее $R_{тп}^0$, м ² ·°С/Вт				
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	покрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	2000	2,1	3,2	2,8	0,30	0,30
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,60	0,40
	8000	4,2	6,2	5,5	0,70	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,50
	12000	5,6	8,2	7,3	0,80	0,55
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	2000	1,6	2,4	2,0	0,30	0,30
	4000	2,4	3,2	2,7	0,40	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,50	0,40
	8000	3,6	4,8	4,1	0,60	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,70	0,50
	12000	4,8	6,4	5,5	0,80	0,55
Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,20
	4000	1,8	2,5	1,8	0,30	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,30
	8000	2,6	3,5	2,6	0,40	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,40
	12000	3,4	4,5	3,4	0,50	0,45

$$R_{\text{треб}} = 3,265$$

где: Dd - градусо-сутки отопительного периода в Караганде.

4.2. Определение нормативного (максимально допустимого) сопротивления теплопередаче по условию санитарии

$$R_o^{мп} = \frac{n(t_o - t_n)}{\Delta t_n \alpha_o}$$

$$R_o^{тр} = 1 + \frac{1(20 + 37)}{4 * 8,7} = \frac{57}{38,8} = 1,469 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

где: $n = 1$ - коэффициент, принятый по таблице 3* [СН РК 2.04-21-2004*] для наружной стены;

$t_o = 20^\circ\text{C}$ - значение из исходных данных;

$t_n = -37^\circ\text{C}$ - значение из исходных данных;

$\Delta t_n = 4^\circ\text{C}$ - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимается по таблице 2* [СН РК 2.04-21-2004*] в данном случае для наружных стен жилых зданий;

$\alpha_o = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$ - коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимается по таблице 4* [СН РК 2.04-21-2004*] для наружных стен.

4.3. Норма тепловой защиты.

Из приведенных выше вычислений за требуемое сопротивление теплопередачи выбираем $R_{тр.0}$ из условия энергосбережения и обозначаем его теперь $R_{тр} = 3,265 \text{ м}^2 \times ^\circ \text{С/Вт}$

5. Определение толщины стены.

Для каждого слоя заданной стены необходимо рассчитать термическое сопротивление по формуле:

где: δ_i - толщина слоя, мм;

λ_i - расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя $\text{Вт}/(\text{м} \times ^\circ \text{С})$.

1 слой (штукатурка): $R_1 = 0,02/0,52 = 0,036 \text{ м}^2 \times ^\circ \text{С/Вт}$

2 слой (кирпич): $R_2 = X, \text{ м}^2 \times ^\circ \text{С/Вт}$

3 слой (штукатурка): $R_3 = 0,02/0,52 = 0,036 \text{ м}^2 \times ^\circ \text{С/Вт}$

Определение минимально допустимого (требуемого) термического сопротивления теплоизоляционного материала

$$R^* = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\alpha_H} \quad \frac{1}{\alpha_B} = \frac{1}{8.7} = 0,115; \quad \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{23} = 0,043$$

$$R_{\text{стены}}^{\text{тр}} = R \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\alpha_H} = 3,265 + 0,115 + 0,52 + 0,52 + 0,043 = 2,067 \quad \text{M}^2 \times \text{°C} / \text{Dl}$$

$$R_{\text{стены}}^{\text{тр}} = 0,115 + (X/0,23) + 0,52 + 0,52 + 0,043$$

$$3,265 = X/0,23 + 1,198$$

$$X/0,23 = 3,265 - 1,198$$

$$X/0,23 = 2,067$$

$$X = 2,067 * 0,23$$

$$x = 0,475 = 500$$

где: $R_B = 1/\alpha_B = 1/8,7$ - сопротивление теплообмену на внутренней поверхности;

$R_H = 1/\alpha_H = 1/23$ - сопротивление теплообмену на наружной поверхности, α_H для наружных стен;

$\Sigma R_i = 0,52 + 0,52$ - сумма термических сопротивлений всех слоев без слоя №2, определенных с учетом коэффициентов теплопроводности материалов, принятых в соответствии с влажностными условиями эксплуатации стены, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
Толщина стенки равна:

$$\delta_{\text{ст}}^{\text{тр}} = \lambda_{\text{ст}} * R_{\text{стены}}^{\text{тр}} = 0,23 * 2,067 = 0,475 \text{ м}$$

где: $\lambda_{\text{ут}}$ - коэффициент теплопроводности материала кирпича, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$.

$$R_0 = R_{\text{в}} + R_{\text{н}} + \sum R_{\text{тi}} = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,52 + \frac{0,5}{0,23} + 0,52 = 3,372 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

где: $\sum R_{\text{тi}}$ - сумма термических сопротивлений всех слоев ограждения, в том числе и слоя стены, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Из полученного результата можно сделать вывод, что

$R_0 = 3,372 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} > R_{\text{тp0}} = 3,265 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} \rightarrow$ следовательно, толщина стены подобрана **правильно.**