

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Пермский государственный технический университет
Кафедра архитектуры

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Учебное пособие
по теплотехническому расчету ограждающих конструкций
зданий и сооружений для самостоятельной работы
студентов строительных специальностей

Издательство Пермского государственного
технического университета
2008

Составители: *А.Н. Шихов, Т.С. Шептуха, Е.П. Кузнецова*

УДК 666.921

Теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций зданий : учебное пособие / сост. А.Н. Шихов, Т.С. Шептуха, Е.П. Кузнецова; – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 70 с.

Приведен порядок теплотехнического расчета ограждающих конструкций зданий и сооружений с учетом требований СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» и СП 23-101-2004 «Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловой защиты зданий». Приведены примеры расчета и таблицы с нормативными данными.

Табл. 14. Ил.8. Библиогр.: 9 назв. Прил. 8.

Рецензент доцент *Т. Л. Костарева*

© Издательство Пермского
государственного технического
университета, 2008

Содержание

1. Общие положения	4
2. Порядок проведения теплотехнического расчета ограждающих конструкций зданий и сооружений	4
3. Определение нормативных параметров наружного и внутреннего воздуха	7
3.1. Наружные климатические условия места строительства зданий и сооружений	7
3.2. Внутренние температурно-влажностные условия зданий и сооружений	8
4. Определение нормируемого (требуемого) сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций	9
5. Определение общего или приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций	16
5.1. Определение сопротивления теплопередаче однородных ограждающих конструкций	17
5.2. Определение приведенного сопротивления теплопередаче неоднородных ограждающих конструкций	19
6. Определение санитарно-гигиенических показателей тепловой защиты зданий и сооружений	21
7. Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление зданий и сооружений	24
8. Расчетные характеристики теплотехнических показателей строительных материалов и изделий	29
Библиографический список	30
9. Примеры теплотехнического расчета ограждающих конструкций ...	31
Приложения	53

1. Общие положения

При проектировании жилых, общественных, производственных зданий и сооружений (далее зданий и сооружений) необходимо обеспечивать их тепловую защиту с целью создания оптимальных санитарно-гигиенических условий при разумном расходовании энергоносителей на отопление зданий и сооружений.

К комплексу мероприятий, обеспечивающих надлежащую тепловую защиту зданий и сооружений, относятся:

- оптимальное объемно-планировочное решение зданий и сооружений при минимальной площади наружных ограждающих конструкций;
- применение рациональных наружных ограждающих конструкций с использованием в них эффективных теплоизоляционных материалов;
- применение современных методов расчета тепловой защиты зданий и сооружений, базирующихся на условиях энергосбережения.

Проектирование тепловой защиты зданий и сооружений осуществляется на основе требований СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», СП 23-101-2004 «Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловой защиты зданий», а также соответствующих ГОСТов и норм проектирования зданий и сооружений, в которых приведены необходимые для расчета параметры микроклимата помещений.

2. Порядок проведения теплотехнического расчета ограждающих конструкций зданий и сооружений

В СНиП 23-02-2003 установлены три обязательных взаимно увязанных нормируемых показателя по тепловой защите здания:

- а) нормируемое значение сопротивления теплопередаче для отдельных ограждающих конструкций;
- б) нормируемые величины температурного перепада между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающей конструкции и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции выше температуры точки росы;
- в) нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать показатели теплозащитных свойств ограждающих конструкций с учетом поддержания требуемых параметров микроклимата в помещениях.

При проектировании тепловой защиты жилых и общественных зданий необходимо соблюдать требования показателей «а» и «б» или «б» и «в»; для производственных зданий – показателей «а» и «б». При этом требованиям показателя «б» должны удовлетворять все виды ограждающих конструкций.

Проверку соблюдения требований тепловой защиты ограждающих конструкций по *показателю «а»* проводят в следующей последовательности:

1) определяют нормируемые значения сопротивлений теплопередаче R_{req} ограждающих конструкций (наружных стен, покрытий, чердачных и цокольных перекрытий, окон, балконных дверей и фонарей, наружных дверей и ворот) по градусо-суткам отопительного периода;

2) проверяют на допустимую величину расчетного температурного перепада Δt_n ;

3) рассчитывают энергетические параметры для заполнения энергетического паспорта.

Проектирование тепловой защиты здания на основе нормируемого удельного расхода тепловой энергии на отопление здания по *показателю «б»* осуществляют в следующей последовательности:

1) устанавливают нормируемые значения сопротивлению теплопередаче R_{req} ограждающих конструкций (наружных стен, покрытий, чердачных и цокольных перекрытий, окон, балконных дверей и фонарей, наружных дверей и ворот) в зависимости от градусо-суток отопительного периода;

2) назначают требуемый воздухообмен и определяют бытовые тепловыделения;

3) устанавливают класс здания (А, В или С) по энергетической эффективности. В случае выбора класса А или В определяют процент снижения нормируемых удельных расходов;

4) определяют нормируемое значение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания q_h^{req} в зависимости от класса здания, его типа, этажности и его подключения к системе теплоснабжения;

5) рассчитывают удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период q_h^{des} и сравнивают его с нормируемым значением q_h^{req} .

По *показателю «в»* проектирование тепловой защиты зданий и сооружений сводится к определению комплексной величины энергосбережения от использования архитектурных, строительных, теплотехнических и инженерных решений, направленных на экономию энергетических ресурсов. Это позволяет снизить, по сравнению с показателем «а», нормируемые значения сопротивления теплопередаче для конкретных видов ограждающих конструкций, но не ниже минимальных величин, установленных в п. 5.13 СНиП 23-02–2003.

Схема проектирования тепловой защиты зданий и сооружений в зависимости от принятого показателя тепловой защиты приведена на рис. 1.

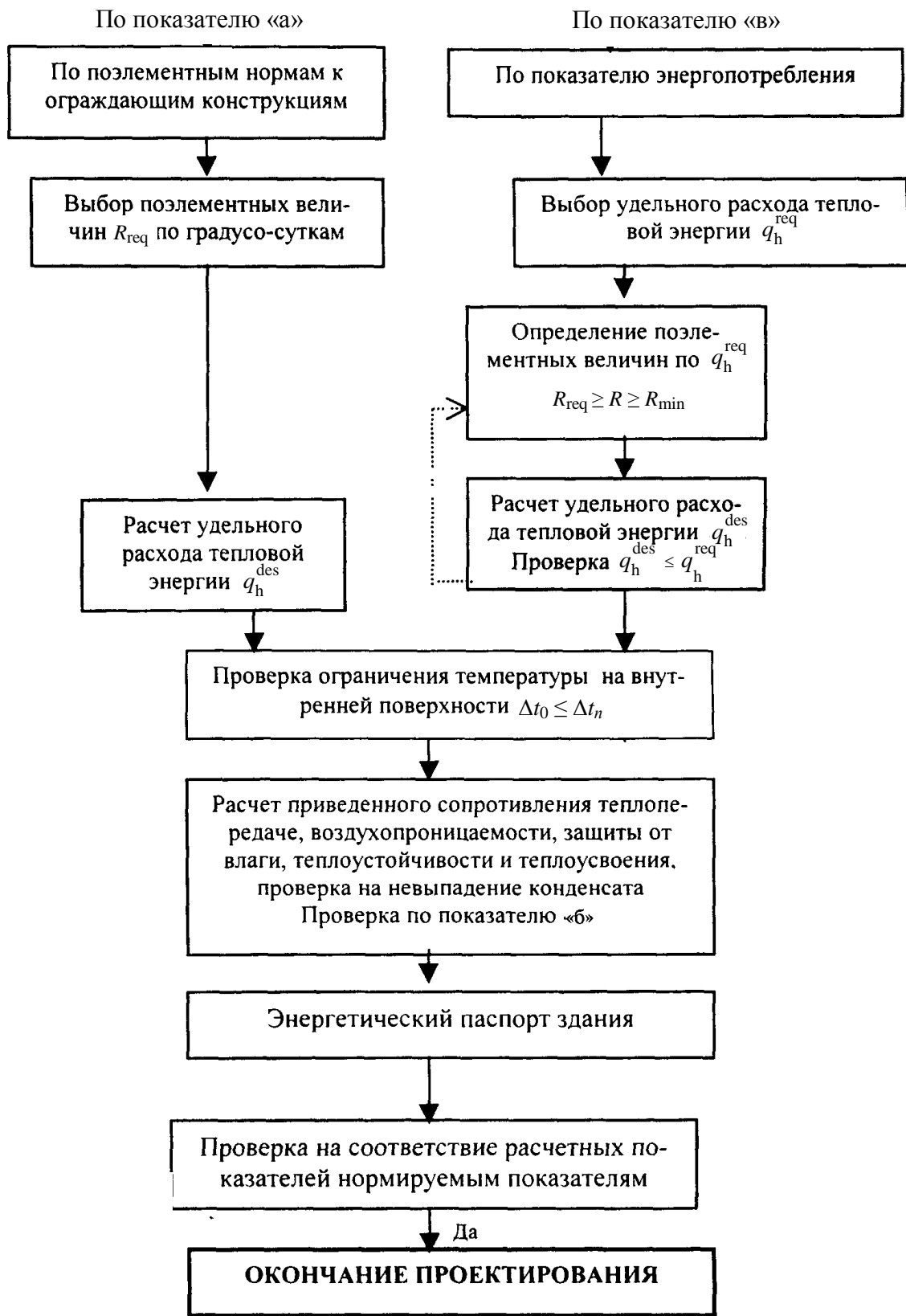


Рис. 1. Схема проектирования тепловой защиты зданий

Классы энергетической эффективности жилых и общественных зданий приведены в табл. 1.

Классы энергетической эффективности зданий

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} от нормативного, %	Рекомендуемые мероприятия органами администрации субъектов РФ
Для новых и реконструированных зданий			
А	Очень высокий	Менее минус 51	Экономическое стимулирование
В	Высокий	От минус 10 до минус 50	То же
С	Нормальный	От плюс 5 до минус 9	—
Для существующих зданий			
Д	Низкий	От плюс 6 до плюс 75	Желательна реконструкция здания
Е	Очень низкий	Более 76	Необходимо утепление здания в ближайшей перспективе

Классы А и Б устанавливаются для вновь проектируемых и реконструируемых зданий, а класс С – при эксплуатации вышеуказанных зданий. К классам Д и Е относятся здания, возведенные до 2000 г. с целью разработки мероприятий по реконструкции этих зданий.

3. Определение нормативных параметров наружного и внутреннего воздуха

3.1. Наружные климатические условия места строительства зданий и сооружений

Параметры наружного воздуха устанавливаются по СНиП 23-01–99 с учетом требований СНиП 23-02–2003.

3.1.1. В качестве расчетной температуры наружного воздуха в холодный период года для всех зданий, кроме производственных зданий сезонной эксплуатации, принимается средняя температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 по графе 5 табл. 1 СНиП 23-01–99 или по приложению 1 настоящих указаний для конкретного места строительства. При отсутствии данных для конкретного пункта расчетную температуру наружного воздуха следует принимать для ближайшего населенного пункта, который указан в СНиП 23-01–99.

3.1.2. Влажностный режим района строительства здания, необходимый для выбора теплотехнических показателей материалов наружных ограждений, следует принимать по карте влажности территории России, приведенной в приложении 2.

3.2. Внутренние температурно-влажностные условия зданий и сооружений

3.2.1. Параметры внутреннего воздуха и расчетные значения относительной влажности воздуха внутри жилых и общественных зданий для холодного периода года принимаются по табл. 2.

Таблица 2

Оптимальная температура и допустимая относительная влажность воздуха внутри здания для холодного периода года

Тип здания	Температура воздуха внутри здания t_{int} , °С	Относительная влажность воздуха внутри здания, %
1. Жилые, школьные и другие общественные (кроме приведенных в пп. 2, 3)	20* +2	55
2. Поликлиники и лечебные учреждения	21–22	55
3. Детские дошкольные учреждения	22–23	55

* 21°С в районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки минус 31 °С и ниже.

3.2.2. Параметры внутреннего воздуха и относительной влажности производственных зданий следует принимать согласно ГОСТ 12.1.005 и нормам проектирования соответствующих зданий.

3.2.3. Для теплых чердаков и техподполий, а также в неотапливаемых лестничных клетках жилых зданий с квартирной системой теплоснабжения расчетную температуру внутреннего воздуха следует принимать:

- для технических подвалов – плюс 2 °С ;
- для неотапливаемых лестничных клеток – плюс 5 °С;
- для теплых чердаков для 6–8-этажных зданий – плюс 14 °С; для 9–12-этажных зданий плюс 15–16 °С; для 14–17-этажных зданий плюс 17–18 °С.

4. Определение нормируемого (требуемого) сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

4.1. Нормируемое сопротивление передаче (R_{req}) наружных стен, покрытий (чердачных перекрытий), цокольных перекрытий, окон и фонарей определяется по табл. 3 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства (D_d), °С·сут.

Таблица 3

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода D_d , °С·сут	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче R_{req} , м ² ·°С/Вт, ограждающих конструкций				
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над не отапливаемыми подпольями и подвалами	окон и балконных дверей, витрин и витражей	фонарей с вертикальным остеклением
1	2	3	4	5	6	7
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
a	–	0,00035	0,0005	0,00045	–	0,000025
b	–	1,4	2,2	1,9	–	0,25

1	2	3	4	5	6	7
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	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
<i>a</i>	–	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
<i>b</i>	–	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
<i>a</i>	–	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025
<i>b</i>	–	1,0	1,5	1,0	2,0	0,15

Примечания:

1. Для окон и балконных дверей, витрин и витражей коэффициенты *a* и *b* для группы зданий в поз. 1 следует принимать при значениях D_d до 6000 °С·сут: $a = 0,000075$, $b = 0,15$; для значений $D_d = 6000 \dots 8000$ °С·сут: $a = 0,00005$, $b = 0,3$; для значений $D_d = 8000$ °С·сут и более: $a = 0,000025$, $b = 0,5$.

2. Допускается в отдельных случаях, связанных с конкретными конструктивными решениями заполнений оконных и других проемов, применять конструкции окон, балконных дверей и фонарей с приведенным сопротивлением теплопередаче на 5 % ниже установленного в таблице.

3. Для группы зданий в поз. 1 нормируемые значения сопротивления теплопередаче перекрытий над лестничной клеткой и теплым чердаком, а также над проездами, если перекрытия являются полом технического этажа, следует принимать как для группы зданий в поз. 2.

Градусо-сутки отопительного периода определяют по формуле

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) \cdot z_{\text{ht}}, \quad (1)$$

где t_{int} – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

t_{ht} , z_{ht} – соответственно средняя температура наружного воздуха (°С) и продолжительность (сут) отопительного периода, принимаемые по табл. 1 СНиП 23-01–99:

– по графам 13 и 14 для зданий лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых;

– по графам 11 и 12 для жилых, общественных (кроме указанных выше), производственных, административных, бытовых и других зданий и помещений с влажным или мокрым режимом.

Для величин D_d , отличающихся от табличных, R_{req} следует принимать по формуле

$$R_{req} = a \cdot D_d + b, \quad (2)$$

где a, b – коэффициенты, значения которых приведены в табл. 3.

4.2. Для чердачного перекрытия теплого чердака ($R_0^{g.f}$) и цокольного перекрытия над техническим подвалом ($R_0^{b.c}$) нормативное сопротивление теплопередаче определяется по формуле

$$R_0^{g.f} (R_0^{b.c}) = R_0^{req} \cdot n, \quad (3)$$

где R_0^{req} – нормируемое сопротивление теплопередаче покрытия (цокольного перекрытия) здания, определяемое по табл. 3 в зависимости от градусо-суток отопительного сезона;

n – понижающий коэффициент, определяемый по формуле

$$n = \frac{(t_{int} - t_{int}^{g(b)})}{(t_{int} - t_{ext})}, \quad (4)$$

где t_{int}, t_{ext} – расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха, °С;
 t_{int}^g, t_{int}^b – расчетные температуры воздуха соответственно в теплом чердаке и техническом подвале, °С, принимаемые согласно п. 3.2.3.

4.3. Для покрытия теплого чердака нормируемое значение сопротивление теплопередаче ($R_0^{g.c}$) определяется по формуле

$$R_0^{g.c} = \frac{(t_{int}^g - t_{ext})}{0,28 G_{ven} c (t_{ven} - t_{int}^g) + \frac{(t_{int} - t_{int}^g)}{R_0^{g.f}} + \frac{\sum_{i=1}^n q_{pi} l_{pi}}{A_{g.f}} - \frac{(t_{int}^g - t_{ext}) a_{g.w}}{R_0^{g.w}}}, \quad (5)$$

где $t_{int}, t_{ext}, t_{int}^g$ – расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха и воздуха в теплом чердаке;

G_{ven} – приведенный расход воздуха в системе вентиляции ($\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$), определяемый по табл. 4;

Таблица 4

Приведенный (отнесенный к 1 м^2 пола чердака) расход воздуха в системе вентиляции

Этажность здания	Приведенный расход воздуха G_{ven} , кг/($\text{м}^2 \cdot \text{ч}$), при наличии в квартирах	
	газовых плит	электроплит
5	12	9,6
9	19,2	15,6
12	25,2	20,4
16	32,4	26,4
22	—	35,2
25	—	39,5

c – удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

t_{ven} – температура воздуха, выходящего из вентиляционных каналов, $^\circ\text{C}$, принимаемая равной $t_{\text{int}}+1,5$;

$R_0^{\text{g.f}}$ – нормируемое сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия теплого чердака, устанавливаемое согласно п. 4.2;

q_{pi} – линейная плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции, приходящаяся на 1 м длины трубопровода i -го диаметра с учетом теплопотерь через изолированные опоры, фланцевые соединения и арматуру ($\text{Вт}/\text{м}$); для чердаков и подвалов значения q_{pi} приведены в табл. 5.

Таблица 5

Линейная плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции трубопровода

Условный диаметр трубопровода, мм	Линейная плотность теплового потока q_{pi} , Вт/м, при средней температуре теплоносителя ($^\circ\text{C}$)				
	60	70	95	105	125
10	7,7	9,4	13,6	15,1	18
15	9,1	11	15,8	17,8	21,6
20	10,6	12,7	18,1	20,4	25,2
25	12	14,4	20,4	22,8	27,6
32	13,3	15,8	22,2	24,7	30
40	14,6	17,3	23,9	26,6	32,4
50	14,9	17,7	25	28	34,2
70	17	20,3	28,3	31,7	38,4

Условный диаметр трубопровода, мм	Линейная плотность теплового потока q_{pi} , Вт/м, при средней температуре теплоносителя (°С)				
	60	70	95	105	125
80	19,2	22,8	31,8	35,4	42,6
100	20,9	25	35,2	39,2	47,4
125	24,7	29	39,8	44,2	52,8
150	27,6	32,4	44,4	49,1	58,2

Плотность теплового потока в табл. 5 определена при температуре окружающего воздуха 18 °С. При меньшей температуре воздуха плотность теплового потока возрастает с учетом следующей зависимости:

$$q_t = q_{18}[(t_{\text{д}} - t)/(t_{\text{д}} - 18)]^{-1,283}, \quad (6)$$

где q_{18} – линейная плотность теплового потока, принимается по табл. 4;

t_{T} – температура теплоносителя в трубопроводе;

t – температура воздуха в помещении, где расположен трубопровод.

Для курсового проектирования q_{pi} принимается равной 25 Вт/м при условном диаметре трубопровода 50 мм и средней температуре теплоносителя 95 °С, а в дипломном проектировании – по проектным параметрам трубопровода и теплоносителя.

l_{pi} – длина трубопровода i -го диаметра, м, принимается по проекту;

$a_{g.w}$ – приведенная (отнесенная к 1 м² пола чердака) площадь наружных стен теплового чердака, м²/м², определяемая по формуле

$$a_{g.w} = \frac{A_{g.w}}{A_{g.f}}. \quad (7)$$

$A_{g.w}$ – площадь наружных стен чердака, м²;

$A_{g.f}$ – площадь перекрытия теплового чердака, м²;

$R_o^{g.w}$ – требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен теплового чердака, м²·°С/Вт.

4.4. Для наружных стен теплового чердака и части цокольной стены, расположенной выше уровня грунта, нормируемые сопротивления теплопередаче ($R_o^{g.w}$, $R_o^{b.w}$) определяют по табл. 3 в зависимости от градусо-суток отопительного периода при расчетных температурах воздуха в теплом чердаке и техническом подвале, принимаемых согласно п. 3.2.3 настоящих указаний.

4.5. Для глухой части балконных дверей нормируемое значение сопротивления теплопередаче должно быть в 1,5 раза выше нормируемого

значения сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций.

4.6. Для производственных зданий с избытком явной теплоты более 23 Вт/м^3 и зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации (осенью и весной), а также зданий с расчетной температурой внутреннего воздуха $12 \text{ }^\circ\text{C}$ и ниже нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций (за исключением светопрозрачных) R_{req} определяется по формуле

$$R_{\text{req}} = \frac{n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{\Delta t_n a_{\text{int}}}, \quad (8)$$

где n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху (табл. 6);

t_{int} , t_{ext} – расчетные температуры соответственно внутреннего и наружного воздуха в холодный период года, $^\circ\text{C}$;

Δt_n – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха (t_{int}) и температурой внутренней поверхности (τ_{int}) ограждающих конструкций, $^\circ\text{C}$ (табл. 7);

a_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (табл. 8).

Таблица 6

Коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху

№ п/п	Ограждающие конструкции	Коэффициент n
1	Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), зенитные фонари, перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стен) подпольями в северной строительно-климатической зоне	1
2	Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в северной строительно-климатической зоне	0,9

№ п/п	Ограждающие конструкции	Коэффициент n
3	Перекрытия над не отапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4	Перекрытия над не отапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли	0,6
5	Перекрытия над не отапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4

Таблица 7

Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции

№ п/п	Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад $\Delta t_n, ^\circ\text{C}$			
		для наружных стен	для покрытий и чердачных перекрытий	для перекрытия над проездами, подвалами и подпольями	для зенитных фонарей
1	Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_{\text{int}} - t_d$
2	Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_{\text{int}} - t_d$
3	Производственные помещения с сухим и нормальным режимом	$t_{\text{int}} - t_d$, но не более 7	$0,8 (t_{\text{int}} - t_d)$, но не более 6	2,5	$t_{\text{int}} - t_d$
4	Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_{\text{int}} - t_d$	$0,8 (t_{\text{int}} - t_d)$	2,5	—
5	Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м^2) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха более 50 %	12	12	2,5	$t_{\text{int}} - t_d$

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности
ограждающей конструкции

№ п/п	Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи $a_{int}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
1	Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2	Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
3	Окон	8,0
4	Зенитных фонарей	9,9

4.7. Для определения нормируемого сопротивления теплопередаче внутренних ограждающих конструкций (R_{req}) при разности расчетных температур воздуха между помещениями 6 °C и выше в формуле (8) следует принимать $n = 1$ и вместо t_{ext} – расчетную температуру воздуха более холодного помещения.

5. Определение общего или приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Общее или приведенное сопротивление теплопередаче (R_o, R_o^r), $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций, а также окон и фонарей следует принимать не менее нормируемых значений (R_{req}), $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяемых по табл. 3 в зависимости от градусо-суток отопительного периода района строительства (D_d), $\text{°C} \cdot \text{сут}$.

В связи с тем, что в теплотехническом отношении ограждающие конструкции подразделяются на однородные однослойные или многослойные с последовательно расположенными однородными слоями и на неоднородные типа плоских ограждающих конструкций с теплопроводными включениями (3-слойные железобетонные, металлические или асбестоцементные панели с эффективным утеплителем на гибких или жестких связях; многослойные кирпичные стены облегченной (колодцевой) кладки и т.п.), поэтому для однородных ограждающих конструкций определяется общее сопротивление теплопередаче (R_o), а для неоднородных – приведенное сопротивление теплопередаче (R_o^r).

5.1. Определение сопротивления теплопередаче однородных ограждающих конструкций

Общее сопротивление теплопередаче (R_o), однородной однослойной или многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями следует определять по формуле

$$R_o = R_{si} + R_k + R_{se} \quad , \quad (9)$$

где $R_{si} = 1/a_{int}$, a_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкций, Вт/(м²·°С), принимаемый по табл. 8;

$R_{se} = 1/a_{ext}$, a_{ext} – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, принимаемой по табл. 9 настоящих указаний;

Таблица 9

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции

№ п/п	Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий a_{ext} , Вт/(м ² ·°С)
1	Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в северной строительно-климатической зоне	23
2	Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в северной строительно-климатической зоне	17
3	Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	12
4	Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, с последовательно расположенными однородными слоями, определяемое по формуле

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{a,1}, \quad (10)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n – термическое сопротивление отдельных слоев ограждающих конструкций, определяемое по формуле

$$R = \delta / \lambda, \quad (11)$$

где δ – толщина слоя, м;

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$, принимаемый по приложению свода правил СП 23-101–2004 или по приложению 3 настоящих указаний;

$R_{a,1}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, принимается по табл. 10.

Таблица 10

Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки $R_{a,1}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$			
	горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикально		горизонтальной при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2–0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Примечание. При оклейке одной или обеих поверхностей воздушной прослойки алюминиевой фольгой термическое сопротивление следует увеличить 2 раза.

При наличии в ограждающих конструкциях замкнутых воздушных прослоек рекомендуется руководствоваться следующими положениями:

– размер прослойки по высоте не должен превышать высоту этажа и быть не более 6 м; размер по толщине – не менее 60 мм и не более 100 мм;

– воздушную прослойку необходимо располагать ближе к холодной стороне ограждения.

Когда в ограждающих конструкциях имеются вентилируемые наружным воздухом прослойки, слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой и наружной поверхностью ограждающей конструкции, при определении термического сопротивления ограждающей конструкции не учитываются. Величина коэффициента теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции (a_{ext}) в этом случае принимается равной $10,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$.

5.2. Определение приведенного сопротивления теплопередаче неоднородных ограждающих конструкций

5.2.1. Для плоских ограждающих конструкций с теплопроводными включениями толщиной более 50 % толщины ограждения (типа кирпичной кладки с теплоизоляционным слоем) приведенное термическое сопротивление теплопередаче (R_0^r) определяется следующим образом:

- а) выбирается характерная часть ограждающей конструкции;
- б) плоскостями, параллельными направлению теплового потока Q , ограждающая конструкция условно разрезается на характерные в теплотехническом отношении участки, из которых одни могут быть однородными (однослойными), а другие – неоднородными, из слоев с различными материалами (рис. 2).

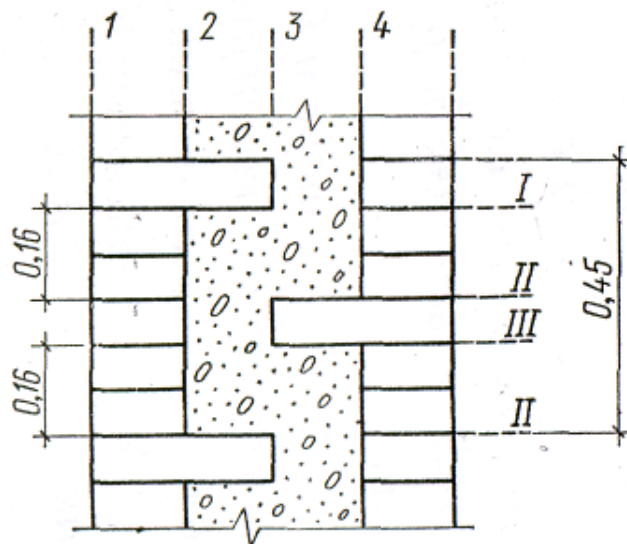


Рис. 2. Определение приведенного сопротивления теплопередаче неоднородной ограждающей конструкции

- в) определяется термическое сопротивление R_{aT} выделенных участков ограждающей конструкции I, II и III площадью F_I , F_{II} и F_{III} по формуле

$$R_{aT} = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \dots + \frac{F_n}{R_n}}, \quad (12)$$

где F_1, F_2, \dots, F_n – площадь отдельных участков конструкции, м²;

R_1, R_2, \dots, R_n – термические сопротивления отдельных участков, определяемые по формуле (11) для однослойных однородных участков и по формуле (9) – для многослойных участков;

г) плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока Q , конструкция условно разделяется на слои, из которых одни могут быть однородными, а другие – неоднородными, из однослойных участков разных материалов.

д) определяется термическое сопротивление выделенных участков ограждающей конструкции R_T как сумма термических сопротивлений отдельных однородных и неоднородных слоев по формуле

$$R_T = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{in} + \frac{F_{j1} + F_{j2} + \dots + F_{jn}}{\frac{F_{j1}}{R_{j1}} + \frac{F_{j2}}{R_{j2}} + \dots + \frac{F_{jn}}{R_{jn}}}, \quad (13)$$

где R_{i1}, R_{i2} и R_{in} – термические сопротивления однородных слоев участков конструкций;

R_{j1}, R_{j2} и R_{jn} – термические сопротивления неоднородных слоев участков конструкции;

F_{j1}, F_{j2} и F_{jn} – площади участков конструкции с неоднородными слоями, м².

Приведенное термическое сопротивление R_k^r характерной части неоднородной ограждающей конструкции определяется по формуле

$$R_k^r = (R_{aT} + 2R_T)/3. \quad (14)$$

При этом величина R_{aT} не должна превышать величину R_T более чем на 25 %.

Приведенное сопротивление теплопередаче всей неоднородной ограждающей конструкции R_0^r следует определять по формуле (9), где R_k необходимо заменить на приведенное термическое сопротивление R_k^r , установленное по формуле (14).

5.2.2. Приведенное сопротивление теплопередаче R_0^r наружных панельных и кирпичных стен с эффективным утеплителем жилых зданий рассчитывается по формуле

$$R_0^r = R_0^{\text{усл}} r, \quad (15)$$

где $R_0^{\text{усл}}$ – сопротивление теплопередаче панельных стен, условно определяемое по формулам (9) и (11) без учета теплопроводных включений;

r – коэффициент теплотехнической однородности, принимаемый для панельных стен по приложению 4.

При теплотехническом расчете трехслойных бетонных панелей толщина утеплителя должна быть не более 200 мм.

5.2.3. Для кирпичных стен жилых зданий с утеплителем принимают следующие коэффициенты теплотехнической однородности (r):

- при толщине стены 510 мм – 0,74;
- при толщине стены 640 мм – 0,69;
- при толщине стены 780 мм – 0,64.

В кирпичных стенах, как правило, утеплитель следует размещать с наружной стороны или внутри ограждающей конструкции. Не рекомендуется размещать теплоизоляцию с внутренней стороны из-за возможного накопления влаги в теплоизоляционном слое, однако в случае применения внутренней теплоизоляции поверхность ее со стороны помещения должна иметь сплошной пароизоляционный слой.

5.2.4. Приведенное сопротивление теплопередаче R_0^r светопрозрачных конструкций окон и балконных дверей, витрин и витражей, а также фонарей с вертикальным остеклением принимается по результатам сертификационных испытаний, а при их отсутствии – по приложению 5.

5.2.5. Выбор светопрозрачной конструкции осуществляется по величине нормируемого сопротивления теплопередаче R_{req} , определенной по табл. 3 в зависимости от расчетного значения градусо-суток отопительного периода D_d . Если приведенное сопротивление теплопередаче выбранной светопрозрачной конструкции R_0^r будет больше или равно R_{req} , то эта конструкция удовлетворяет требованиям норм.

6. Определение санитарно-гигиенических показателей тепловой защиты зданий и сооружений

При теплотехническом расчете ограждающих конструкций кроме определения нормативных и приведенных значений сопротивлений теплопередаче (R_{req} и R_0^r) необходимо проводить проверку на невыпадение конденсата на внутренних поверхностях ограждений и проверку температурного перепада между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций.

При определении температуры точки росы t_d (°C) относительную влажность внутреннего воздуха ϕ (%) следует принимать:

- для помещений жилых зданий, больничных учреждений, диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, общеобразовательных детских школ, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов – 55 %, для помещений кухонь – 60 %, для ванных комнат – 65 %, для теплых подвалов и подполий с коммуникациями – 75 %;
- для теплых чердаков жилых зданий – 55 %;
- для помещений общественных зданий (кроме вышеуказанных) – 50 %.

6.1. Температуру внутренней поверхности τ_{si} (°C) однородных однослойных или многослойных ограждающих конструкций с однородными слоями необходимо определять по формуле

$$\tau_{si} = t_{int} - \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_0 a_{int}}, \quad (16)$$

где n , t_{int} , t_{ext} , R_0 , a_{int} – то же, что и формуле (8) и (9).

6.2. Температуру внутренней поверхности наружных стен ($\tau_{si}^{g.w}$), чердачного перекрытия ($\tau_{si}^{g.f}$) и покрытия ($\tau_{si}^{g.c}$) теплого чердака следует определять по формуле

$$\tau_{si} = t_{int}^g - \frac{t_{int}^g - t_{ext}}{R_0 \alpha_{int}^g}, \quad (17)$$

где t_{int}^g – расчетная температура воздуха на чердаке, °C, принимаемая согласно п. 3.2.3 настоящих указаний;

t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха, °C;

α_{int}^g – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности наружного ограждения теплого чердака, $Вт/м^2 \cdot °C$, принимаемый: для стен – 8,7; для покрытий 7–9-этажных домов – 9,9; для покрытий 10–12-этажных домов – 10,5; для покрытий 13–16-этажных домов – 12,0 $Вт/м^2 \cdot °C$;

R_0 – требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен ($R_0^{g.w}$), перекрытий ($R_0^{g.f}$) и покрытий теплого чердака ($R_0^{g.c}$), определяемое согласно пп. 4.2, 4.3, 4.4 настоящих указаний.

6.3. Температуру точки росы t_d (°C), в зависимости от температуры t_{int} и относительной влажности ϕ_{int} (%), воздуха помещения следует определять по приложению б.

6.4. Температура точки росы (t_d) для ограждающих конструкций теплого чердака определяется следующим образом:

а) устанавливается влагосодержание воздуха чердака f_g :

$$f_g = f_{ext} + \Delta f, \quad (18)$$

где f_{ext} – максимальное влагосодержание наружного воздуха, г/м³, при расчетной температуре t_{ext} (°C) определяется по формуле

$$f_{\text{ext}} = \frac{0,794e_{\text{ext}}}{1 + \frac{t_{\text{ext}}}{273}}, \quad (19)$$

(e_{ext} – средняя упругость водяного пара за январь, ГПа, определяется по табл. 5а СНиП 23-01–99);

Δf – приращение влагосодержания за счет поступления влаги с воздухом из вентиляционных каналов, г/м³, принимается:

– для домов с газовыми плитами 4,0 г/м³;

– для домов с электроплитами 3,6 г/м³;

б) рассчитывается действительная упругость водяного пара воздуха в теплом чердаке e_g (ГПа) по формуле

$$e_g = \frac{f_g \left(1 + \frac{t_{\text{int}}^g}{273} \right)}{0,794}; \quad (20)$$

в) по таблицам максимальной упругости водяного пара согласно приложению 8 определяется температура точки росы (t_d) по значению $E = e_g$;

г) полученное значение (t_d) сопоставляется с соответствующим значением $\tau_{\text{si}}^{\text{g.w}}$, $\tau_{\text{si}}^{\text{g.f}}$ и $\tau_{\text{si}}^{\text{g.c}}$ на выполнение условия $t_d \leq \tau_{\text{si}}^{\text{g.w}}$, $\tau_{\text{si}}^{\text{g.f}}$ и $\tau_{\text{si}}^{\text{g.c}}$;

6.5. Температурный перепад Δt_o (°C) между температурой внутреннего воздуха t_{int} (°C) и на поверхности ограждающих конструкций τ_{si} (°C) определяется по формуле

$$\Delta t_o = \frac{n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R_o \alpha_{\text{int}}}, \quad (21)$$

где n , t_{int} и t_{ext} , α_{int} , R_o – то же, что и в формуле (8) и (9).

Для ограждающих конструкций «теплого» чердака и перекрытия над техподпольем в формулу при определении температурного перепада Δt_o (°C), вместо t_{ext} (°C), подставляются соответственно расчетная температура внутреннего воздуха теплого чердака t_{int}^g или техподполья t_{int}^b , принимаемые согласно п. 3.2.3. Нормативный температурный перепад Δt_n (°C) принимается по табл. 7.

В случае невыполнения условия $\Delta t_o \leq \Delta t_n$ необходимо увеличить величину сопротивления теплопередаче R_o (м²·°C/Вт) до значения, обеспечивающего это условие.

7. Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление зданий и сооружений

Удельный (на 1 м² отапливаемой площади пола квартир или полезной площади помещений [или на 1 м³ отапливаемого объема]) расход тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} [кДж/(м²·°С·сут) или кДж/(м³·°С·сут)] должен быть меньше или равен нормируемому значению q_h^{req} [кДж/(м²·°С·сут) или кДж/(м³·°С·сут)], т.е.

$$q_h^{req} \geq q_h^{des}, \quad (22)$$

где q_h^{req} – нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания, кДж/(м²·°С·сут) или кДж/(м³·°С·сут), определяемый для различных типов жилых и общественных зданий при подключении их к системам централизованного теплоснабжения по табл. 11 или 12.

Таблица 11

Нормируемый удельный расход тепловой энергии
на отопление q_h^{req} жилых домов многоквартирных отдельно
стоящих и блокированных, кДж/(м²·°С·сут)

Отапливаемая площадь домов, м ²	Этажность домов			
	1	2	3	4
60 и менее	140	–	–	–
100	125	135	–	–
150	110	120	130	–
250	100	105	110	115
400	–	90	95	100
600	–	80	85	90
1000 и более	–	70	75	80

Примечание. При промежуточных значениях отапливаемой площади дома в интервале 60–1000 м² значения q_h^{req} должны определяться по линейной интерполяции.

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление
зданий q_h^{req} , кДж/(м²·°С·сут) или [кДж/(м³·°С·сут)]

Типы зданий	Этажность зданий					
	1–3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1. Жилые, гостиницы, общежития	По таблице 11	85 [31] для 4-этажных одноквартирных и блокированных домов – по таблице 11	80 [29]	76 [27,5]	72 [26]	70 [25]
2. Общие, общественные, кроме перечисленных в поз. 3, 4 и 5 таблицы	[42]; [38]; [36] соответственно нарастающую этажности	[32]	[31]	[29,5]	[28]	–
3. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	[34]; [33]; [32] соответственно нарастающую этажности	[31]	[30]	[29]	[28]	–
4. Дошкольные учреждения	[45]	–	–	–	–	–
5. Сервисного обслуживания	[23]; [22]; [21] соответственно нарастающую этажности	[20]	[20]	–	–	–
6. Административного назначения (офисы)	[36]; [34]; [33] соответственно нарастающую этажности	[27]	[24]	[22]	[20]	[20]

Примечание. Для регионов, имеющих значение $D_d = 8000$ °С·сут и более, нормируемые q_h^{req} следует снизить на 5 %.

Удельный расход тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} , кДж/(м²·°С·сут) или кДж/(м³·°С·сут) определяется по формулам:

$$q_h^{\text{des}} = \frac{10^3 Q_h^y}{A_h D_d} \quad (23)$$

или

$$q_h^{\text{des}} = \frac{10^3 Q_h^y}{V_h D_d}, \quad (24)$$

где Q_h^y – расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж;

A_h – сумма площадей пола квартир или полезной площади помещений здания, за исключением технических этажей и гаражей, м²;

V_h – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м³;

D_d – количество градусо-суток отопительного периода, °С·сут.

Для зданий без автоматического регулирования теплоотдачи нагревательных приборов в системе отопления величину Q_h^y следует рассчитывать по формуле

$$Q_h^y = Q_h \cdot \beta_h, \quad (25)$$

где Q_h – общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции, МДж;

β_h – коэффициент, учитывающий дополнительное теплопотребление системы отопления, принимаемой для многосекционных зданий $\beta_h = 1,13$; для зданий башенного типа $\beta_h = 1,11$; для зданий с отапливаемыми подвалами $\beta_h = 1,07$; для зданий с отапливаемыми чердаками $\beta_h = 1,05$.

Общие теплопотери здания Q_h (МДж) за отопительный период определяют по формуле

$$Q_h = 0,0864 K_m D_d A_e^{\text{sum}}, \quad (26)$$

где K_m – общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°С), определяемый по формуле

$$K_m = K_m^{\text{tr}} + K_m^{\text{inf}}, \quad (27)$$

K_m^{tr} – приведенный коэффициент теплопередачи через наружные ограждающие конструкции здания, Вт/(м²·°С), определяемый по формуле

$$K_m^{tr} = \frac{\frac{A_w}{R_w^r} + \frac{A_F}{R_{Fr}^r} + \frac{A_{ed}}{R_{ed}^r} + \frac{A_c}{R_c^r} + \frac{nA_{c1}}{R_{c1}^r} + \frac{nA_f}{R_f^r} + \frac{A_{fl}}{R_{fl}^r}}{A_e^{sum}}, \quad (28)$$

A_w, R_w^r – площадь (m^2) и приведенное сопротивление теплопередаче, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, наружных стен (за исключением проемов);

A_F, R_{Fr}^r – то же, заполнения светопроемов (окон, витражей, фонарей);

A_{ed}, R_{ed}^r – то же, наружных дверей и ворот;

A_c, R_c^r – то же, совмещенных покрытий (в том числе над эркерами);

A_{c1}, R_{c1}^r – то же, чердачных перекрытий;

A_f, R_f^r – то же, цокольных перекрытий;

A_{fl}, R_{fl}^r – то же, перекрытий над проездами и под эркерами;

n – то же, что и в п.4.2 для чердачных перекрытий теплых чердаков и цокольных перекрытий техподполий и подвалов с разводкой в них трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения;

A_e^{sum} – общая площадь внутренней поверхности всех наружных ограждающих конструкций отапливаемого объема здания, m^2 ;

K_m^{inf} – условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции, $Вт / (m^2 \cdot ^\circ C)$, определяемый по формуле

$$K_m^{inf} = \frac{0,28\tilde{n} n_a \beta_v V_h \rho_a^{ht} k}{A_e^{sum}}, \quad (29)$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot ^\circ C)$;

β_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций, $\beta_v = 0,85$;

V_h и A_e^{sum} – то же, что и в формулах (23) и (25);

ρ_a^{ht} – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, $кг / m^3$.

$$\rho_a^{ht} = 353 / [273 + 0,5 (t_{int} + t_{ext})], \quad (30)$$

где n_a – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, $ч^{-1}$;

t_{int}, t_{ext} – расчетная температура соответственного внутреннего и наружного воздуха, $^\circ C$.

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период n_a , ч⁻¹, рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле

$$n_a = \frac{\frac{L_v n_v}{168} + \frac{G_{inf} k n_{inf}}{168 \rho_a^{ht}}}{\beta_v V_h}, \quad (31)$$

где L_v – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м³/ч, равное для:

– жилых зданий с расчетной заселенностью квартиры 20 м² общей площади и менее на человека – $3 A_l$;

– других жилых зданий – $0,35 \cdot 3 \cdot A_l$, но не менее 30 m ; где m – расчетное число жителей в здании;

– общественных и административных зданий (принимают условно для офисов и объектов сервисного обслуживания) – $4 A_l$;

– учреждений здравоохранения и образования – $5 A_l$;

– спортивных, зрелищных и детских дошкольных учреждений – $6 A_l$;

A_l – для жилых зданий – площадь жилых помещений, для общественных зданий – расчетная площадь, определяемая как сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, переходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов, а также помещений, предназначенных для размещения инженерного оборудования и сетей, м²;

n_v – число часов работы механической вентиляции в течение недели;

168 – число часов в неделе;

G_{inf} – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч;

ρ_a^{ht} , β_v , V_h – то же, что и в формуле (28);

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях, равный для: стыков панелей стен – 0,7; окон и балконных дверей с тройными отдельными переплетами – 0,7; то же, с двойными отдельными переплетами – 0,8; то же, со спаренными переплетами – 0,9; то же, с одинарными переплетами – 1,0;

n_{inf} – число часов учета инфильтрации в течение недели (ч), равно 168 для зданий с сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и $(168 - n_v)$ для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции.

Для жилых зданий количество инфильтрующегося воздуха G_{inf} , поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода и через неплотности заполнений проемов, следует определять по формуле

$$G_{\text{inf}} = \left(\frac{A_{\text{F}}}{R_{\text{a.F}}} \right) \left(\frac{\Delta P_{\text{F}}}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{A_{\text{ed}}}{R_{\text{a.ed}}} \right) \left(\frac{\Delta P_{\text{ed}}}{10} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (32)$$

где A_{F} и A_{ed} – соответственно для лестничной клетки суммарная площадь окон и балконных дверей и входных наружных дверей, м^2 ;

$R_{\text{a.F}}$ и $R_{\text{a.ed}}$ – соответственно для лестничной клетки требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей и входных наружных дверей;

ΔP_{F} и ΔP_{ed} – соответственно для лестничной клетки расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха для окон и балконных дверей и входных наружных дверей, определяют по формуле (13) СНиП 23-02–2003 с заменой в ней величины 0,55 на 0,28.

Для общественных зданий количество инфильтрующегося воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей допускается принимать в нерабочее время $G_{\text{inf}} = 0,5 \beta_{\text{v}} V_{\text{h}}$.

Если в результате расчета удельный расход тепловой энергии на отопление здания окажется меньше нормируемого значения, то допускается уменьшение сопротивления теплопередаче R_{req} отдельных элементов ограждающих конструкций здания по сравнению с нормируемыми величинами, но не ниже минимальных величин R_{min} , установленных: $R_{\text{min}} = R_{\text{req}} \cdot 0,63$ для стен групп зданий, указанных в поз. 1 и 2 табл. 3; $R_{\text{min}} = R_{\text{req}} \cdot 0,8$ для остальных ограждающих конструкций.

8. Расчетные характеристики теплотехнических показателей строительных материалов и изделий

Расчетные характеристики теплотехнических показателей, наиболее часто применяемых в наружных ограждениях зданий строительных материалов и изделий, приведенные в приложении 3, необходимо принимать в зависимости от условия эксплуатации ограждающих конструкций (для условия эксплуатации А или Б) согласно табл. 13 и влажного режима помещений (табл. 14) и зоны влажности района строительства.

Влажностный режим помещений зданий в холодный период года в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха следует принимать по табл. 14.

Таблица 13

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений здания	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности района строительства		
	сухой	нормальный	влажный
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Таблица 14

Влажностный режим помещений зданий

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре (°С)		
	до 12	св.12 до 24	св.24
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

Зону влажности районов строительства на территории России необходимо принимать по приложению 2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 23-01–99. Строительная климатология.
2. СНиП 23-02–2003. Тепловая защита зданий.
3. СП 23-101–2004. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловой защиты зданий.
4. СНиП 31-01–2003. Здания жилые многоквартирные.
5. СНиП 31-03–2001. Производственные здания.
6. СНиП 2-08.02–89 . Общественные здания и сооружения.
7. ГОСТ 26602, 1-99. Блоки оконные и дверные. Метод определения сопротивления теплопередаче.
8. ГОСТ 31168–2003. Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление.

9. Шептуха, Т.С. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций : метод. указания / Т.С. Шептуха; Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2001. 22 с.

9. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Пример 1

**Теплотехнический расчет наружной кирпичной стены
слоистой конструкции
(определение толщины утеплителя и выполнения санитарно-
гигиенических требований тепловой защиты здания)**

А. Исходные данные

Место строительства – г. Пермь.

Зона влажности – нормальная [3].

Продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 229$ суток [1].

Средняя расчетная температура отопительного периода $t_{ht} = -5,9$ °С [1].

Температура холодной пятидневки $t_{ext} = -35$ °С [1].

Расчет произведен для пятиэтажного жилого дома:

температура внутреннего воздуха $t_{int} = + 21$ °С [2];

влажность воздуха: $\phi = 55$ %;

влажностный режим помещения – нормальный.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б (приложение 2 [2].

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения $a_{int} = 8,7$ Вт/м²·°С [2].

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения $a_{ext} = 23$ Вт/м²·°С [2].

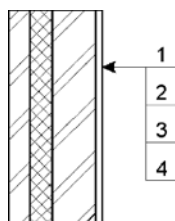


Рис.3 Расчётная схема

Необходимые данные о конструктивных слоях стены для теплотехнического расчёта сведены в таблицу.

№ п/п	Наименование материала	γ_0 , кг/м ³	δ , м	λ , Вт/(м·°С)	R , м ² ·°С/Вт
1	Известково-песчаный раствор	1600	0,015	0,81	0,019
2	Кирпичная кладка из пустотного кирпича	1200	0,380	0,52	0,731
3	Плиты пенополистирольные	100	X	0,052	X
4	Кирпичная кладка из пустотного кирпича (облицовочного)	1600	0,120	0,58	0,207

Б. Порядок расчета

Определение градусо-суток отопительного периода по формуле (2) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) \cdot z_{\text{ht}} = (21 - (-5,9)) \cdot 229 = 6160,1.$$

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче наружных стен по формуле (1) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$R_{\text{req}} = aD_d + b = 0,00035 \cdot 6160,1 + 1,4 = 3,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0^r наружных кирпичных стен с эффективным утеплителем жилых зданий рассчитывается по формуле

$$R_0^r = R_0^{\text{усл}} r,$$

где $R_0^{\text{усл}}$ – сопротивление теплопередаче кирпичных стен, условно определяемое по формулам (9) и (11) без учета теплопроводных включений, м²·°С/Вт;

R_0^r - приведенное сопротивление теплопередаче с учетом коэффициента теплотехнической однородности r , который для стен толщиной 510 мм равен 0,74.

Расчёт ведётся из условия равенства

$$R_0^r = R_{req}$$

следовательно,

$$R_0^{ycl} = \frac{R_{req}}{r} = 3,56/0,74 = 4,81 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

$$R_0^{ycl} = R_{si} + R_k + R_{se} \quad ,$$

отсюда

$$R_k = R_0^{ycl} - (R_{si} + R_{se}) = 4,81 - (1/8,7 + 1/23) = 4,652 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Термическое сопротивление наружной кирпичной стены слоистой конструкции может быть представлено как сумма термических сопротивлений отдельных слоев, т.е.

$$R_k = R_1 + R_2 + R_{yt} + R_4 \quad ,$$

Определяем термическое сопротивление утеплителя:

$$R_{yt} = R_k - (R_1 + R_2 + R_4) = 4,652 - (0,019 + 0,731 + 0,207) = 3,695 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Находим толщину утеплителя:

$$\delta_{\text{до}} = \lambda \cdot R_{yt} = 0,052 \cdot 3,695 = 0,192 \text{ м}.$$

Принимаем толщину утеплителя 200 мм.

Окончательная толщина стены будет равна $(380+200+120) = 700$ мм.

Производим проверку с учетом принятой толщины утеплителя:

$$R_0^r = r(R_{si} + R_1 + R_2 + R_{ym} + R_4 + R_{se}) = 0,74 (1/8,7 + 0,019 + 0,731 + 0,2/0,052 + 0,207 + 1/23) = 3,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Условие $R_0^r = 3,67 > R_{reg} = 3,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ выполняется.

В. Проверка выполнения санитарно-гигиенических требований тепловой защиты здания

Проверяем выполнение условия $\Delta t \leq \Delta t_n$:

$$\Delta t = (t_{int} - t_{ext}) / R_0^r \cdot a_{int} = (21+35)/3,67 \cdot 8,7 = 1,75 \text{ °C}.$$

Согласно табл. 5 СНиП 23-02-2003 $\Delta t_n = 4 \text{ °C}$, следовательно, условие $\Delta t = 1,75 < \Delta t_n = 4 \text{ °C}$ выполняется.

Проверяем выполнение условия $\tau_{si}^p > t_d$:

$$\begin{aligned}\tau_{\text{si}} &= t_{\text{int}} - [n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) / (R_0^r a_{\text{int}})] = 21 - [1(21+35) / 3,67 \cdot 8,7] = \\ &= 21 - 1,75 = 19,25^\circ\text{C}.\end{aligned}$$

Согласно приложению (Р) СП 23-101–2004 для температуры внутреннего воздуха $t_{\text{int}} = 21^\circ\text{C}$ и относительной влажности $\varphi = 55\%$ температура точки росы $t_d = 11,62^\circ\text{C}$, следовательно, условие $\tau_{\text{si}} = 19,25 > t_d = 11,62^\circ\text{C}$ выполняется.

Вывод. Ограждающая конструкция удовлетворяет нормативным требованиям тепловой защиты здания.

Пример 2

Теплотехнический расчет чердачного перекрытия (определение толщины утеплителя и выполнения санитарно-гигиенических требований тепловой защиты здания)

А. Исходные данные

Место строительства – г. Пермь.

Климатический район – I В [1].

Зона влажности – нормальная [1].

Продолжительность отопительного периода $z_{\text{ht}} = 229$ сут [1].

Средняя расчетная температура отопительного периода $t_{\text{ht}} = -5,9^\circ\text{C}$ [1].

Температура холодной пятидневки $t_{\text{ext}} = -35^\circ\text{C}$ [1].

Расчет произведен для пятиэтажного жилого дома:

температура внутреннего воздуха $t_{\text{int}} = +21^\circ\text{C}$ [2];

влажность воздуха $\varphi = 55\%$;

влажностный режим помещения – нормальный.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения $a_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ [2].

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения $a_{\text{ext}} = 12 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ [2].

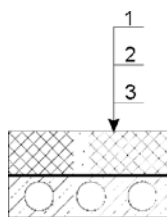


Рис. 4 Расчётная схема

Чердачное перекрытие состоит из конструктивных слоев, приведенных в таблице.

№ п/п	Наименование материала (конструкции)	γ_0 , кг/м ³	δ , м	λ , Вт/(м·°С)	R , м ² ·°С/Вт
1	Плиты полужесткие минераловатные на битумных связующих (ГОСТ 4640)	100	X	0,065	X
2	Пароизоляция – 1 слой (ГОСТ 30547)	600	0,005	0,17	0,0294
3	Железобетонные пустотные плиты ПК (ГОСТ 9561 - 91)		0,22		0,142

Б. Порядок расчета

Определение градусо-суток отопительного периода по формуле (2) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) \cdot z_{\text{ht}} = (21 + 5,9) \cdot 229 = 6160,1 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$$

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия по формуле (1) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$R_{\text{req}} = aD_d + b = 0,00045 \cdot 6160,1 + 1,9 = 4,67 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт.}$$

Теплотехнический расчет ведется из условия равенства общего термического сопротивления R_0 нормируемому R_{req} , т.е.

$$R_0 = R_{\text{req}}.$$

По формуле (7) СП 23-100–2004 определяем термическое сопротивление ограждающей конструкции R_k

$$R_{\hat{e}} = R_{\text{req}} - (R_{\text{si}} + R_{\text{se}}) = 4,67 - (1/8,7 + 1/12) = 4,67 - 0,197 = 4,473 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт.}$$

Термическое сопротивление ограждающей конструкции (чердачного перекрытия) может быть представлено как сумма термических сопротивлений отдельных слоев, т.е.

$$R_k = R_{\text{ж.б}} + R_{\text{п.и}} + R_{\text{ут}},$$

где $R_{ж.б}$ – термическое сопротивление железобетонной плиты перекрытия, величина которого согласно [9] составляет $0,142 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ для условий эксплуатации «Б» и $0,147 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ - условий эксплуатации «А».

$R_{п.и}$ – термическое сопротивление слоя пароизоляции;

$R_{ут}$ – термическое сопротивление утепляющего слоя.

$$R_{ут} = R_k - (R_{ж.б} + R_{п.и}) = R_k - \left(R_{ж.б} + \frac{\delta_{п.и}}{\lambda_{п.и}} \right) =$$

$$= 4,473 - (0,142 + 0,005/0,17) = 4,302 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Используя формулу (6) СП 23-101–2004, определяем толщину утепляющего слоя

$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут} = 4,302 \cdot 0,065 = 0,280 \text{ м}.$$

Принимаем толщину утепляющего слоя равной 300 мм, тогда фактическое сопротивление теплопередаче составит

$$R_0^\phi = 1/8,7 + (0,142 + 0,005/0,17 + 0,300/0,065) + 1/12 = 4,98 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Условие $R_0^\phi = 4,98 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} > R_{req} = 4,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ выполняется.

В. Проверка выполнения санитарно-гигиенических требований тепловой защиты здания

Проверяем выполнение условия $\Delta t \leq \Delta t_n$:

$$\Delta t = (t_{int} - t_{ext}) / R_0^\phi \cdot a_{int} = (21+35)/4,98 \cdot 8,7 = 1,29 \text{ °C}.$$

Согласно табл. 5 СНиП 23-02–2003 $\Delta t_n = 3 \text{ °C}$, следовательно, условие $\Delta t = 1,29 \text{ °C} < \Delta t_n = 3 \text{ °C}$ выполняется.

Проверяем выполнение условия $\tau_{si}^p > t_d$:

$$\tau_{si} = t_{int} - [n(t_{int} - t_{ext})] / (R_0^\phi \cdot a_{int}) = 21 - [1(21+35) / 4,98 \cdot 8,7] =$$

$$= 21 - 1,29 = 19,71 \text{ °C}.$$

Согласно приложению (Р) СП 23-101–2004 для температуры внутреннего воздуха $t_{int} = 21 \text{ °C}$ и относительной влажности $\phi = 55 \%$ температура точки росы $t_d = 11,62 \text{ °C}$, следовательно, условие $\tau_{si} = 19,71 > t_d = 11,62 \text{ °C}$ выполняется.

Вывод. Чердачное перекрытие удовлетворяет нормативным требованиям тепловой защиты здания.

Пример 3

Теплотехнический расчет стеновой панели производственного здания (определение толщины теплоизоляционного слоя в трехслойной железобетонной панели на гибких связях)

А. Исходные данные

Место строительства – г. Пермь.

Климатический район – I В [1].

Зона влажности – нормальная [1].

Продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 229$ сут [1].

Средняя расчетная температура отопительного периода $t_{ht} = -5,9$ °С

[1].

Температура холодной пятидневки $t_{ext} = -35$ °С [1].

Температура внутреннего воздуха $t_{int} = +18$ °С [2].

Влажность воздуха $\varphi = 50$ %.

Влажностный режим помещения – нормальный.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения
 $\alpha_{int} = 8,7$ Вт/м²·°С [2].

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения
 $\alpha_{ext} = 23$ Вт/м²·°С [2].

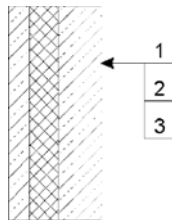


Рис.5 Расчётная схема

Необходимые данные для теплотехнического расчета стеновой панели сведены в таблицу.

№	Наименование	γ_0 ,	δ ,	λ ,	R ,
---	--------------	--------------	------------	-------------	-------

п/п	материала	кг/м ³	мм	Вт/(м·°С)	м ² ·°С/Вт
1	Железобетон	2500	0,1	2,04	0,049
2	Пенополистирол	40	X	0,05	X
3	Железобетон	2500	0,05	2,04	0,025

Б. Порядок расчета

Определение градусо-суток отопительного периода по формуле (2) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (18 + 5,9) \cdot 229 = 5471,1.$$

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче стеновой панели по формуле (1) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$R_{req} = a \cdot D_d + b = 0,0002 \cdot 5471,1 + 1,0 = 2,094 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

Для стеновых панелей индустриального изготовления следует определить приведенное сопротивление теплопередаче R_0^r (м²·°С/Вт) с учетом коэффициента теплотехнической однородности r .

Согласно табл. 6 СП 23-101–2004 [3] величина коэффициента теплотехнической однородности r для железобетонных стеновых панелей с утеплителем и гибкими связями составляет 0,7. Таким образом, приведенное сопротивление теплопередаче

$$R_0^r = R_0^{ysl} r,$$

Теплотехнический расчет ведется из условия равенства приведенного сопротивления теплопередаче R_0^r (м²·°С/Вт) и требуемого

$$R_0^r = R_{req}$$

Отсюда

$$R_0^{ysl} = \frac{R_{req}}{r} = 2,094/0,7 = 2,991 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

По формуле (8) СП 23-101–2004 определяем термическое сопротивление ограждающей конструкции R_k :

$$\begin{aligned} R_k &= R_0^{ysl} - (R_{si} + R_{se}) = 2,991 - (1/8,7 + 1/23) = \\ &= 2,991 - 0,157 = 2,834 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}. \end{aligned}$$

Термическое сопротивление ограждающей стеновой панели может быть представлено как сумма термических сопротивлений отдельных слоев, т.е.

$$R_k = R_{1ж.б} + R_{ут} + R_{2ж.б},$$

где $R_{1ж.б}$ и $R_{2ж.б}$ – термические сопротивления соответственно внутреннего и наружного слоев из железобетона;

$R_{ут}$ – термическое сопротивление утепляющего слоя.

Находим термическое сопротивление утепляющего слоя $R_{ут}$:

$$R_{ут} = R_k - (R_{1ж.б} + R_{2ж.б}) = R_k - \left(\frac{\delta_{1ж.б}}{\lambda_{1ж.б}} + \frac{\delta_{2ж.б}}{\lambda_{2ж.б}} \right) =$$

$$= 2,883 - (0,1/2,04 + 0,05/2,04) = 2,883 - 0,073 = 2,76 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Используя формулу (6) СП 23-101–2004, определяем толщину утепляющего слоя:

$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут} = 2,76 \cdot 0,05 = 0,138 \text{ м}.$$

принимаем толщину утепляющего слоя равной 150 мм.

Общая толщина стеновой панели составляет

$$\delta_{общ} = \delta_{1ж.б} + \delta_{ут} + \delta_{2ж.б} = 100 + 150 + 50 = 300 \text{ мм}, \text{ что}$$

соответствует стандартной толщине стеновой панели.

Определяем приведенное сопротивление теплопередаче стеновой панели с учётом принятой толщины утеплителя

$$R_0^r = r(R_{si} + R_{1ж.б} + R_{ут} + R_{2ж.б} + R_{se}) = 0,7(1/8,7 + 0,1/2,04 + 0,15/0,05 + 0,05/2,04 + 1/23) = 2,262 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Условие $R_0^r = 2,262 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_{req} = 2,094 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ выполняется.

В. Проверка выполнения санитарно-гигиенических требований тепловой защиты здания

Проверяем выполнение условия $\Delta t \leq \Delta t_n$.

Определяем по формуле (4) СНиП 23-02–2003 [2] Δt_0 , °С:

$$\Delta t_0 = (t_{int} - t_{ext})/R_0^r a_{int} = (18+35)/2,262 \cdot 8,7 = 2,69 \text{ °С}.$$

Согласно табл. 5 СНиП 23-02–2003 [2] $\Delta t_n = 7 \text{ °С}$, следовательно, условие $\Delta t = 2,69 \text{ °С} < \Delta t_n = 7 \text{ °С}$ выполняется.

Проверяем выполнение условия $\tau_{si}^p > t_d$:

$$\begin{aligned}\tau_{si} &= t_{int} - [n(t_{int} - t_{ext}) / (R_0^f a_{int})] = 18 - [1(18 + 35) / 2,262 \cdot 8,7] = \\ &= 18 - 2,69 = 15,31 \text{ } ^\circ\text{C}.\end{aligned}$$

Согласно приложению (Р) СП 23-101–2004 [3] для температуры внутреннего воздуха $t_{int} = +18 \text{ } ^\circ\text{C}$ и относительной влажности $\varphi = 50 \%$ температура точки росы $t_d = 7,44 \text{ } ^\circ\text{C}$, следовательно, условие $\tau_{si} = 15,31 > t_d = 7,44 \text{ } ^\circ\text{C}$ выполняется.

Вывод. Стеновая 3-слойная железобетонная панель с утеплителем толщиной 150 мм удовлетворяет нормативным требованиям тепловой защиты здания.

Пример 4

Теплотехнический расчет теплого чердака (определение толщины утепляющего слоя чердачного перекрытия и покрытия)

А. Исходные данные

Место строительства – г. Пермь.

Зона влажности – нормальная [1].

Продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 229$ сут [1].

Средняя расчетная температура отопительного периода $t_{ht} = -5,9 \text{ } ^\circ\text{C}$ [1].

Температура холодной пятидневки $t_{ext} = -35 \text{ } ^\circ\text{C}$ [1].

Температура внутреннего воздуха $t_{int} = +21 \text{ } ^\circ\text{C}$ [2].

Относительная влажность воздуха: $\varphi = 55 \%$.

Влажностный режим помещения – нормальный.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Расчетная температура воздуха в чердаке $t_{int}^g = +15 \text{ } ^\circ\text{C}$ [3].

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности чердачного перекрытия $a_{int}^{q.f} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ [2].

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности чердачного перекрытия $a_{ext}^{q.f} = 12 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ [2].

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности покрытия теплого чердака $a_{int}^{q.c} = 9,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ [3].

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности покрытия теплого чердака $a_{ext}^{q.c} = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ [2].

Тип здания – 9-этажный жилой дом. Кухни в квартирах оборудованы газовыми плитами. Высота чердачного пространства – 2,0 м. Площади покрытия (кровли) $A_{g.c} = 367,0 \text{ м}^2$, перекрытия теплого чердака $A_{g.f} = 367,0 \text{ м}^2$, наружных стен чердака $A_{g.w} = 108,2 \text{ м}^2$.

В теплом чердаке размещена верхняя разводка труб систем отопления и водоснабжения. Расчетные температуры системы отопления – 95 °С, горячего водоснабжения – 60 °С.

Диаметр труб отопления 50 мм при длине 55 м, труб горячего водоснабжения 25 мм при длине 30 м.

Чердачное перекрытие:

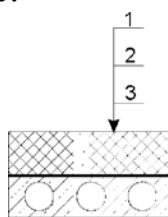


Рис. 6 Расчётная схема

Чердачное перекрытие состоит из конструктивных слоев, приведенных в таблице.

№ п/п	Наименование материала (конструкции)	γ_0 , кг/м ³	δ , м	λ , Вт/(м·°С)	R , м ² ·°С/Вт
1	Плиты жесткие минераловатные на битумных связующих (ГОСТ 4640)	200	X	0,08	X
2	Пароизоляция – рубитекс 1 слой (ГОСТ 30547)	600	0,005	0,17	0,0294
3	Железобетонные пустотные плиты ПК (ГОСТ 9561 - 91)		0,22		0,142

Совмещённое покрытие:

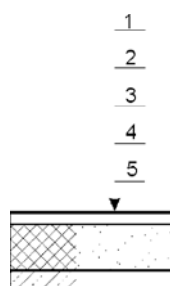


Рис. 7 Расчётная схема

Совмещенное покрытие над теплым чердаком состоит из конструктивных слоев, приведенных в таблице.

№ п/п	Наименование материала (конструкции)	γ_0 , кг/м ³	δ , м	λ , Вт/(м·°С)	R , м ² ·°С/Вт
1	Техноэласт	600	0,006	0,17	0,035
2	Цементно-песчаный раствор	1800	0,02	0,93	0,022
3	Плиты из газобетона	300	X	0,13	X
4	Рубероид	600	0,005	0,17	0,029
5	Железобетонная плита	2500	0,035	2,04	0,017

Б. Порядок расчета

Определение градусо-суток отопительного периода по формуле (2) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}})z_{\text{ht}} = (21 + 5,9) \cdot 229 = 6160,1.$$

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче покрытия жилого дома по формуле (1) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$R_{\text{req}} = a \cdot D_d + b = 0,0005 \cdot 6160,1 + 2,2 = 5,28 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт};$$

По формуле (29) СП 23-101–2004 определяем требуемое сопротивление теплопередаче перекрытия теплого чердака $R_0^{\text{g.f}}$, м²·°С /Вт:

$$R_0^{\text{g.f}} = n R_0^{\text{req}},$$

где R_0^{req} – нормируемое сопротивление теплопередаче покрытия;

n – коэффициент определяемый по формуле (30) СП 230101–2004,

$$n = (t_{\text{int}} - t_{\text{int}}^{\text{g}}) / (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) = (21 - 15) / (21 + 35) = 0,107.$$

По найденным значениям R_0^{req} и n определяем $R_0^{\text{g.f}}$:

$$R_0^{\text{g.f}} = 5,28 \cdot 0,107 = 0,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Требуемое сопротивление покрытия над теплым чердаком $R_0^{\text{g.c}}$ устанавливаем по формуле (32) СП 23-101–2004:

$$R_0^{\text{g.c}} = (t_{\text{int}}^{\text{g}} - t_{\text{ext}}) / [(0,28 G_{\text{ven}} c (t_{\text{ven}} - t_{\text{int}}^{\text{g}}) + (t_{\text{int}} - t_{\text{int}}^{\text{g}}) / R_0^{\text{g.f}} + \\ + (\sum_{i=1}^n q_{\text{pi}} l_{\text{pi}}) / A_{\text{g.f}} - (t_{\text{int}}^{\text{g}} - t_{\text{ext}}) a_{\text{g.w}} / R_0^{\text{g.w}}],$$

где G_{ven} – приведенный (отнесенный к 1 м² чердака) расход воздуха в системе вентиляции, определяемый по табл. 6 СП 23-101–2004 и равный 19,5 кг/(м²·ч);

c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1кДж/(кг·°C);

t_{ven} – температура воздуха, выходящего из вентиляционных каналов, °C, принимаемая равной $t_{\text{int}} + 1,5$;

q_{pi} – линейная плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции, приходящаяся на 1 м длины трубопровода, принимаемая для труб отопления равной 25, а для труб горячего водоснабжения – 12 Вт/м (табл. 12 СП 23-101–2004).

Приведенные теплопоступления от трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения составляют:

$$(\sum_{i=1}^n q_{\text{pi}} l_{\text{pi}}) / A_{\text{g.f}} = (25 \cdot 55 + 12 \cdot 30) / 367 = 4,71 \text{ Вт/м}^2;$$

$a_{\text{g.w}}$ – приведенная площадь наружных стен чердака м²/м², определяемая по формуле (33) СП 23-101–2004,

$$a_{\text{g.w}} = A_{\text{g.w}} / A_{\text{g.f}} = 108,2 / 367 = 0,295;$$

$R_0^{\text{g.w}}$ – нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен теплого чердака, определяемое через градусо-сутки отопительного периода при температуре внутреннего воздуха в помещении чердака $t_{\text{int}}^{\text{g}} = +15$ °C.

$$D_{\text{d}}^{\text{g.w}} = (t_{\text{int}}^{\text{g}} - t_{\text{ht}}) \cdot z_{\text{ht}} = (15 + 5,9) 229 = 4786,1 \text{ °C} \cdot \text{сут},$$

$$R_0^{\text{g.w}} = a D_{\text{d}}^{\text{g.w}} + b = 0,00035 \cdot 4786,1 + 1,4 = 3,08 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Подставляем найденные значения в формулу и определяем требуемое сопротивление теплопередаче покрытия над теплым чердаком:

$$(15 + 35)/(0,28 \cdot 19,2(22,5 - 15) + (21 - 15)/0,56 + 4,71 - \\ - (15 + 35) \cdot 0,295/3,08 = 50/50,94 = 0,98 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Определяем толщину утеплителя в чердачном перекрытии при $R_0^{\text{г.ф}} = 0,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$:

$$\delta_{\text{од}} = (R_0^{\text{г.ф}} - 1/a_{\text{int}}^{\text{г.ф}} - R_{\text{ж.б}} - R_{\text{руб}} - 1/a_{\text{ext}}^{\text{г.ф}}) \lambda_{\text{ут}} = \\ = (0,56 - 1/8,7 - 0,142 - 0,029 - 1/12) 0,08 = 0,0153 \text{ м},$$

принимая толщину утеплителя $\delta_{\text{од}} = 40 \text{ мм}$, так как минимальная толщина минераловатных плит 40 мм (ГОСТ 10140), тогда фактическое сопротивление теплопередаче составит

$$R_0^{\text{г.ф факт.}} = 1/8,7 + 0,04/0,08 + 0,029 + 0,142 + 1/12 = 0,869 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Определяем величину утеплителя в покрытии при $R_0^{\text{г.с}} = 0,98 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$:

$$\delta_{\text{од}} = (R_0^{\text{г.с}} - 1/a_{\text{int}}^{\text{г.с}} - R_{\text{ж.б}} - R_{\text{руб}} - R_{\text{ц.п.р}} - R_{\text{т}} - 1/a_{\text{ext}}^{\text{г.с}}) \lambda_{\text{ут}} = \\ = (0,98 - 1/9,9 - 0,017 - 0,029 - 0,022 - 0,035 - 1/23) 0,13 = 0,0953 \text{ м},$$

принимая толщину утеплителя (газобетонная плита) 100 мм, тогда фактическое значение сопротивления теплопередаче чердачного покрытия будет практически равно расчётному.

В. Проверка выполнения санитарно-гигиенических требований тепловой защиты здания

И. Проверяем выполнение условия $\Delta t \leq \Delta t_n$ для чердачного перекрытия:

$$\Delta t^{\text{г}} = (t_{\text{int}} - t_{\text{int}}^{\text{г}}) / (R_0^{\text{г.ф факт.}} a_{\text{int}}^{\text{г.ф}}) = (21 - 15) / (0,869 \cdot 8,7) = 0,79 \text{ °C},$$

Согласно табл. 5 СНиП 23-02-2003 $\Delta t_n = 3 \text{ °C}$, следовательно, условие $\Delta t^{\text{г}} = 0,79 \text{ °C} < \Delta t_n = 3 \text{ °C}$ выполняется.

Проверяем наружные ограждающие конструкции чердака на условия невыпадения конденсата на их внутренних поверхностях, т.е. на выполнение условия $\tau_{\text{si}}^{\text{г.с}} (\tau_{\text{si}}^{\text{г.в}}) \geq t_d$:

– для покрытия над теплым чердаком, приняв $a_{\text{int}}^{\text{г.с}} = 9,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$,

$$\tau_{\text{si}}^{\text{г.с}} = t_{\text{int}}^{\text{г}} - [(t_{\text{int}}^{\text{г}} - t_{\text{ext}}^{\text{г}})] / (R_0^{\text{г.с}} a_{\text{int}}^{\text{г.с}}) = 15 - [(15 + 35) / (0,98 \cdot 9,9)] = \\ = 15 - 4,12 = 10,85 \text{ °C};$$

– для наружных стен теплого чердака, приняв $a_{\text{int}}^g = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$,

$$\begin{aligned} \tau_{\text{si}}^{\text{g.w}} &= t_{\text{int}}^g - [(t_{\text{int}}^g - t_{\text{ext}})] / (R_0^{\text{gw}} a_{\text{int}}^g) = 15 - [(15 + 35)] / (3,08 \cdot 8,7) = \\ &= 15 - 1,49 = 13,5 \text{ °С}. \end{aligned}$$

II. Вычисляем температуру точки росы t_d , °С, на чердаке:

– рассчитываем влагосодержание наружного воздуха, г/м^3 , при расчетной температуре t_{ext} :

$$\begin{aligned} f_{\text{ext}} &= 0,794 \cdot e_{\text{ext}} / (1 + t_{\text{ext}} / 273) = 0,794 \cdot 1,9 / (1 - 35 / 273) = \\ &= 1,51 / (1 - 0,128) = 1,73 \text{ г/м}^3; \end{aligned}$$

– то же, воздуха теплого чердака, приняв приращение влагосодержания Δf для домов с газовыми плитами, равным $4,0 \text{ г/м}^3$:

$$f_g = f_{\text{ext}} + \Delta f = 1,73 + 4,0 = 5,73 \text{ г/м}^3;$$

– определяем парциальное давление водяного пара воздуха в теплом чердаке:

$$\dot{a}_g = \frac{f_g \left(1 + \frac{t_{\text{int}}^g}{273} \right)}{0,794} = \frac{5,73 \left(1 + \frac{15}{273} \right)}{0,794} = 7,613 \text{ Па}.$$

По приложению 8 по значению $E = e_g$ находим температуру точки росы $t_d = 3,05 \text{ °С}$.

Полученные значения температуры точки росы сопоставляем с соответствующими значениями $\tau_{\text{si}}^{\text{g.n}}$ и $\tau_{\text{si}}^{\text{g.w}}$:

$$\tau_{\text{si}}^{\text{g.n}} = 13,5 > t_d = 3,05 \text{ °С}; \quad \tau_{\text{si}}^{\text{g.w}} = 10,88 > t_d = 3,05 \text{ °С}.$$

Температура точки росы значительно меньше соответствующих температур на внутренних поверхностях наружных ограждений, следовательно, конденсат на внутренних поверхностях покрытия и на стенах чердака выпадать не будет.

Вывод. Горизонтальные и вертикальные ограждения теплого чердака удовлетворяют нормативным требованиям тепловой защиты здания.

Пример5

Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление 9-этажного односекционного жилого дома (башенного типа)

Размеры типового этажа 9-этажного жилого дома даны на рисунке.

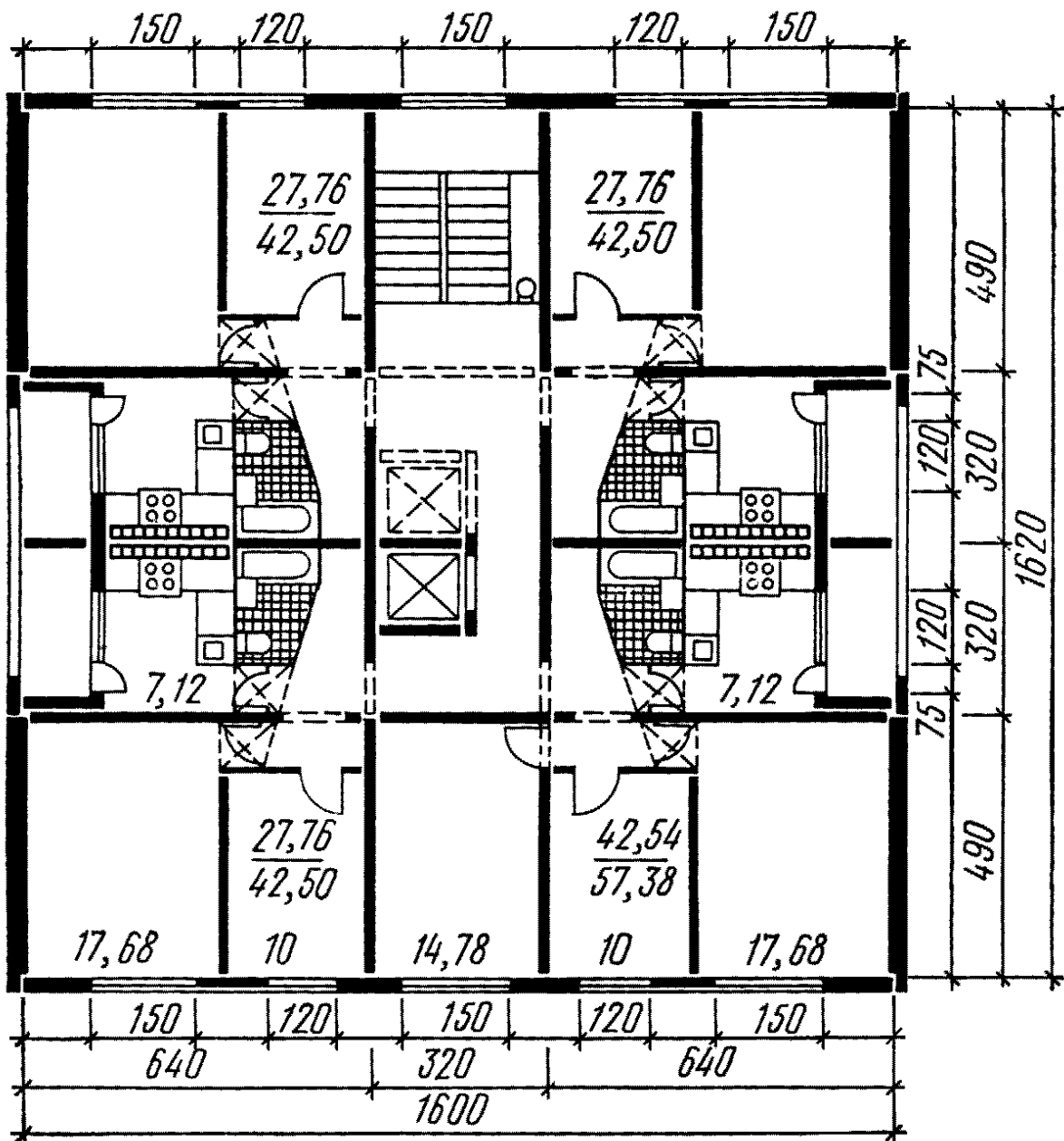


Рис.8 План типового этажа 9-этажного односекционного жилого дома

А. Исходные данные

Место строительства – г. Пермь.

Климатический район – IV.

Зона влажности – нормальная [1].

Влажностный режим помещения – нормальный.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 229$ сут [1].

Средняя температура отопительного периода $t_{ht} = -5,9$ °С [1].

Температура внутреннего воздуха $t_{int} = +21$ °С [2].

Температура холодной пятидневки наружного воздуха $t_{ext} = -35$ °С [1].

Здание оборудовано «теплым» чердаком и техническим подвалом.

Температура внутреннего воздуха технического подвала $t_{int}^b = +2$ °С [3]

Высота здания от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты $H = 29,7$ м.

Высота этажа – 2,8 м.

Максимальная из средних скоростей ветра по румбу за январь $v = 5,2$ м/с [1].

Б. Порядок расчета

1. Определение площадей ограждающих конструкций.

Определение площадей ограждающих конструкций базируется на основе плана типового этажа 9-этажного здания и исходных данных раздела А.

Общая площадь пола здания

$$A_h = (42,5 + 42,5 + 42,5 + 57,38) \cdot 9 = 1663,9 \text{ м}^2.$$

Жилая площадь квартир и кухонь

$$A_l = (27,76 + 27,76 + 27,76 + 42,54 + 7,12 + 7,12 + 7,12 + 7,12) \times 9 = 1388,7 \text{ м}^2.$$

Площадь перекрытия над техническим подвалом $A_{b,c}$, чердачного перекрытия $A_{g,f}$ и покрытия над чердаком $A_{g,c}$

$$A_{b,c} = A_{g,f} = A_{g,c} = 16 \cdot 16,2 = 259,2 \text{ м}^2.$$

Общая площадь оконных заполнений и балконных дверей A_F при их количестве на этаже:

- оконных заполнений шириной 1,5 м – 6 шт.,
 - оконных заполнений шириной 1,2 м – 8 шт.,
 - балконных дверей шириной 0,75 м – 4 шт.
- Высота окон – 1,2 м; высота балкона дверей – 2,2 м.

$$A_F = [(1,5 \cdot 6 + 1,2 \cdot 8) \cdot 1,2 + (0,75 \cdot 4 \cdot 2,2)] \cdot 9 = 260,3 \text{ м}^2.$$

Площадь входных дверей в лестничную клетку при их ширине 1,0 и 1,5 м и высоте 2,05 м

$$A_{ed} = (1,5 + 1,0) \cdot 2,05 = 5,12 \text{ м}^2.$$

Площадь оконных заполнений лестничной клетки при ширине окна 1,2 м и высоте 0,9 м

$$A'_F = (1,2 \cdot 0,9) \cdot 8 = 8,64 \text{ м}^2.$$

Общая площадь наружных дверей квартир при их ширине 0,9 м, высоте 2,05 м и количестве на этаже 4 шт.

$$A_{ed} = (0,9 \cdot 2,05 \cdot 4) \cdot 9 = 66,42 \text{ м}^2.$$

Общая площадь наружных стен здания с учетом оконных и дверных проемов

$$A'_W = (16 + 16 + 16,2 + 16,2) \cdot 2,8 \cdot 9 = 1622,88 \text{ м}^2.$$

Общая площадь наружных стен здания без оконных и дверных проемов

$$A_W = 1622,88 - (260,28 + 8,64 + 5,12) = 1348,84 \text{ м}^2.$$

Общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций, включая чердачное перекрытие и перекрытие над техническим подвалом,

$$A_a^{\text{sum}} = (16 + 16 + 16,2 + 16,2) \cdot 2,8 \cdot 9 + 259,2 + 259,2 = 2141,3 \text{ м}^2.$$

Отапливаемый объем здания

$$V_n = 16 \cdot 16,2 \cdot 2,8 \cdot 9 = 6531,84 \text{ м}^3.$$

2. Определение градусо-суток отопительного периода.

Градусо-сутки определяются по формуле (2) СНиП 23-02–2003 для следующих ограждающих конструкций:

- наружных стен и чердачного перекрытия:

$$D_{d1} = (21 + 5,9) \cdot 229 = 6160,1 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{сут},$$

– покрытия и наружных стен теплого «чердака»:

$$D_{d2} = (15 + 5,9) \cdot 229 = 4786,1 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут},$$

– перекрытия над техническим подвалом:

$$D_{d3} = (2 + 5,9) \cdot 229 = 1809,1 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}.$$

3. Определение требуемых сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций.

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций определяем по табл. 4 СНиП 23-02–2003 в зависимости от значений градусо-суток отопительного периода:

– для наружных стен здания

$$R_0^{\text{req}} = 0,00035 \cdot 6160,1 + 1,4 = 3,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт};$$

– для чердачного перекрытия

$$R_0^{\text{g.f}} = n \cdot R_0^{\text{req}} = 0,107(0,0005 \cdot 6160,1 + 2,2) = 0,49 \text{ м}^2,$$

$$n = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{int}}^{\text{g}}}{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}} = \frac{21 - 15}{21 + 15} = 0,107;$$

– для наружных стен чердака

$$R_0^{\text{g.w}} = 0,00035 \cdot 4786,1 + 1,4 = 3,07 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

– для покрытия над чердаком

$$R_0^{\text{g.c}} = \frac{(15 + 35)}{\left[0,28 \cdot 19,2 \cdot 1 \cdot (22,5 - 15) + \frac{(21 - 15)}{0,49} + \frac{25 \cdot 64,4}{128,8} - \frac{(15 + 35) \cdot 128,8}{259,2} \right]} = 0,87 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт};$$

– для перекрытия над техническим подвалом

$$R_0^{\text{b.c}} = n^{\text{b.c}} \cdot R_{\text{reg}} = 0,34(0,00045 \cdot 1809,1 + 1,9) = 0,92 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

$$n^{\text{b.c}} = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{int}}^{\text{b.c}}}{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}} = \frac{21 - 2}{21 + 35} = 0,34;$$

– для оконных заполнений и балконных дверей с тройным остеклением в деревянных переплетах (приложение Л СП 23-101–2004)

$$R_F^r = 0,55 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

4. Определение расхода тепловой энергии на отопление здания.

Для определения расхода тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода необходимо установить:

- общие теплопотери здания через наружные ограждения Q_h , МДж;
- бытовые теплопоступления Q_{int} , МДж;
- теплопоступления через окна и балконные двери от солнечной радиации, МДж.

При определении общих теплопотерь здания Q_h , МДж, необходимо рассчитать два коэффициента:

- приведенный коэффициент теплопередачи через наружные ограждающие конструкции здания K_m^{tr} , Вт/(м²·°C);
- условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции K_m^{inf} , Вт/(м²·°C).

Величину коэффициента K_m^{tr} определяем по формуле (Г.5) СНиП 23-02–2003:

$$K_m^{tr} = \frac{\left(\frac{1348,84}{3,56} + \frac{260,28}{0,55} + \frac{5,12}{0,61} + \frac{259,2}{0,87} + \frac{0,107 \cdot 259,2}{0,49} + \frac{0,34 \cdot 259,2}{0,92} \right)}{2141,28} =$$

$$= 0,59 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

Для определения коэффициента K_m^{inf} необходимо установить:

- среднюю плотность приточного воздуха за отопительный период D_a^{ht} , кг/м³, по формуле (Г.7) СНиП 23-02–2003:

$$D_a^{ht} = \frac{353}{273 + 0,5(21 + 35)} = 1,19 \text{ кг/м}^3;$$

- количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке L_v , м³/ч, по формуле

$$L_v = 3 \cdot A_l = 3 \cdot 1388,7 = 4166,1 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где A_l – площадь жилых помещений и кухонь, м²;

- определяемую среднюю кратность воздухообмена здания за отопительный период n_a , ч⁻¹, по формуле (Г.8) СНиП 23-02–2003:

$$n_a = \frac{4166,1}{(0,85 \cdot 6531,84)} = 0,75 \text{ ч}^{-1}.$$

Принимаем коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждений, $B_v = 0,85$; удельную теплоемкость воздуха $c = 1 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$, и коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях $k = 0,7$:

$$K_m^{\text{inf}} = \frac{0,28 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 6531,84 \cdot 1,19 \cdot 0,7}{2142,28} = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Значение общего коэффициента теплопередачи здания K_m , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, определяем по формуле (Г.4) СНиП 23-02–2003:

$$K_m = 0,59 + 0,45 = 1,04 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Рассчитываем общие теплотери здания за отопительный период Q_h , МДж, по формуле (Г.3) СНиП 23-02–2003:

$$Q_h = 0,0864 \cdot 1,04 \cdot 6160,1 \cdot 2141,28 = 1185245,3 \text{ МДж}.$$

Бытовые тепlopоступления в течение отопительного периода Q_{int} , МДж, определяем по формуле (Г.11) СНиП 23-02–2003, приняв величину удельных бытовых тепловыделений q_{int} , равной $17 \text{ Вт}/\text{м}^2$:

$$Q_{\text{int}} = 0,0864 \cdot 17 \cdot 229 \cdot 1132,4 = 380888,62 \text{ МДж}.$$

Тепlopоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период Q_s , МДж, определяем по формуле (Г.11) СНиП 23-02–2003, приняв значения коэффициентов, учитывающих затенение световых проемов непрозрачными элементами заполнения $\tau_F = 0,5$ и относительного проникновения солнечной радиации для светопропускающих заполнений окон $k_F = 0,46$.

Среднюю за отопительный период величину солнечной радиации на вертикальные поверхности I_{cp} , $\text{Вт}/\text{м}^2$, принимаем по приложению (Г) СП 23-101–2004 для географической широты расположения г. Перми (56° с.ш.):

$$I_{\text{av}} = 201 \text{ Вт}/\text{м}^2,$$

$$Q_s = 0,5 \cdot 0,76(100,44 \cdot 201 + 100,44 \cdot 201 + 29,7 \cdot 201 + 29,7 \cdot 201) = 19880,18 \text{ МДж}.$$

Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода Q_h^y , МДж, определяем по формуле (Г.2) СНиП 23-02–2003, приняв численное значение следующих коэффициентов:

- коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций $\gamma = 0,8$;
- коэффициент эффективности авторегулирования в системах отопления без термостатов и без авторегулирования на вводе $\zeta = 0,5$;
- коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов для зданий башенного типа $\beta_h = 1,11$.

$$Q_h^y = [1185245,3 - (380882,6 + 19880,2) \cdot 0,8 \cdot 0,5] \cdot 1,11 = 1024940,2 \text{ МДж.}$$

Устанавливаем удельный расход тепловой энергии здания q_h^{des} , кДж/(м²·°С·сут), по формуле (Г.1) СНиП 23-02–2003:

$$q_h^{\text{des}} = \frac{10^3 \cdot 1024940,2}{6531,84 \cdot 6160,1} = 25,47 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут).}$$

Согласно данным табл. 9 СНиП 23-02–2003 нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление 9-этажного жилого здания q_h^{des} составляет 25 кДж/(м²·°С·сут), что на 1,02 % ниже расчетного удельного расхода тепловой энергии $q_h^{\text{des}} = 25,47$ кДж/(м²·°С·сут), поэтому при теплотехническом проектировании ограждающих конструкций необходимо учесть эту разницу.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Расчетные параметры наружного воздуха, продолжительность и средняя температура отопительного периода

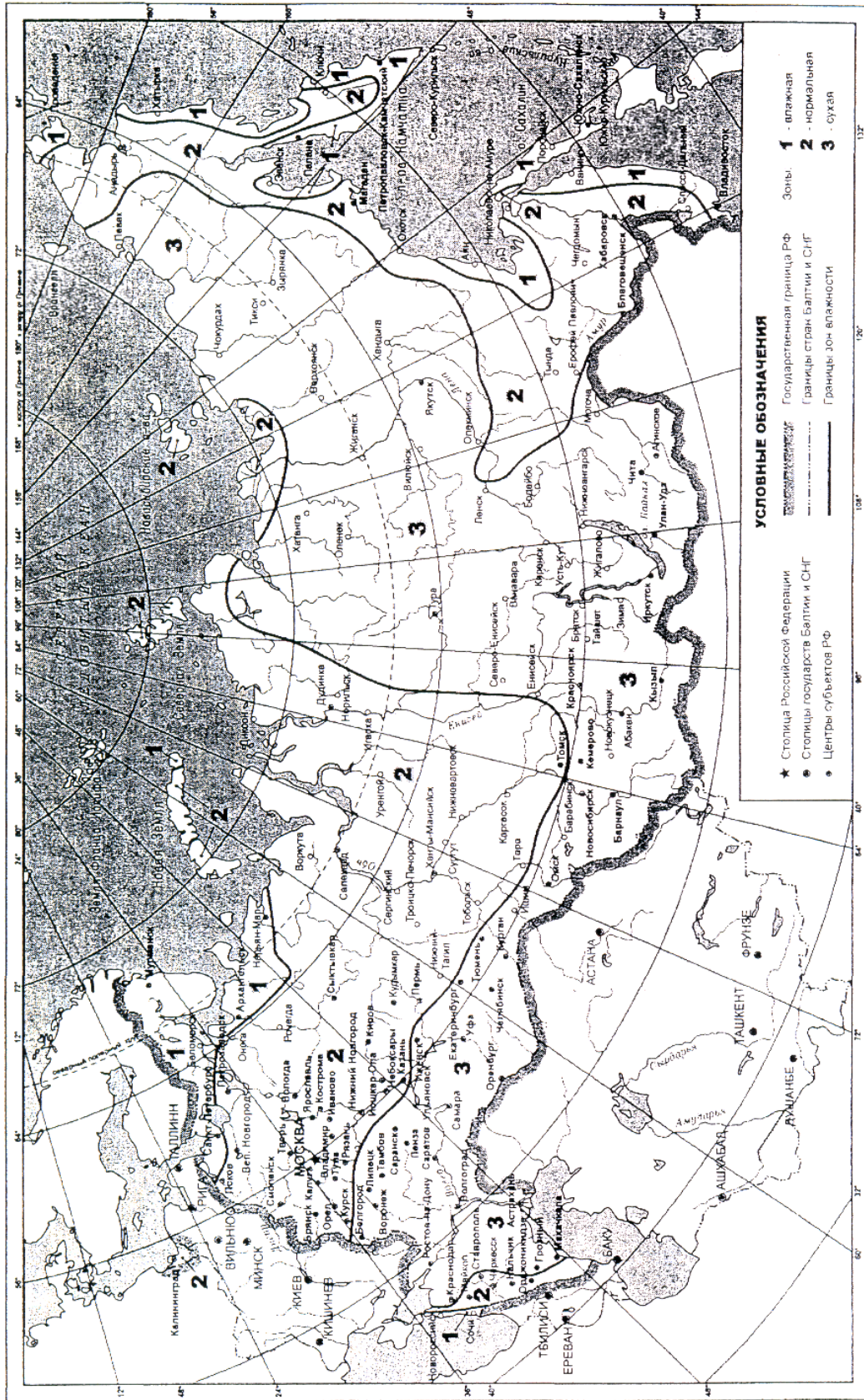
№ п/п	Место строительства	Z_{ht} , сут	t_{ht} среднесуточ., °С	t_{ext} (0,92), °С	t_{ext} за январь, °С	Относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца	Годовое парциальное давление водяного пара, гПа
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Архангельск	253	-4,4	-31	-31	86	8,4
2	Астрахань	167	-1,2	-23	-23	84	9,3
3	Белгород	191	-1,9	-23	-23	84	8,2
3	Брянск	205	-2,3	-26	-26	85	8,1
5	Владимир	213	-3,5	-28	-28	84	7,5
6	Волгоград	118	-2,2	-25	-25	85	8,0
7	Вологда	231	-4,1	-32	-32	85	7,2
8	Воронеж	196	-3,1	-26	-26	83	7,9
9	Глазов	231	-6,0	-35	-35	85	6,9
10	Екатеринбург	230	-6,0	-35	-35	79	6,3
11	Иваново	219	-3,9	-30	-30	85	7,5
12	Иркутск	240	-8,5	-36	-30	80	6,0
13	Казань	215	-5,2	-32	-32	83	7,3
14	Калининград	193	-1,1	-19	-19	85	9,0
15	Калуга	210	-2,9	-27	-27	83	7,8
16	Кемерово	231	-8,3	-39	-39	82	6,4
17	Вятка	231	-5,4	-33	-33	86	6,8
18	Кострома	222	-3,9	-31	-31	85	7,4
19	Краснодар	149	+2,0	-19	-19	83	10,6
20	Красноярск	234	-7,1	-40	-40	71	5,1
21	Курск	198	-2,4	-26	-26	78	8,1
22	Курган	216	-7,7	-37	-37	86	6,7
23	Липецк	202	-3,4	-27	-27	85	8,0
24	Москва	214	-3,1	-28	-28	84	7,7
25	Мурманск	215	-3,2	-27	-27	84	5,6
26	Нижегород	215	-4,1	-31	-31	84	7,3

27	Новгород	221	-2,3	-27	-27	85	7,9
----	----------	-----	------	-----	-----	----	-----

1	2	3	4	5	6	7	8
28	Новосибирск	230	-8,7	-39	-39	80	6,6
29	Орел	205	-2,7	-26	-26	86	8,0
30	Оренбург	202	-6,3	-31	-31	80	6,9
31	Омск	221	-6,4	-37	-37	80	6,3
32	Пенза	207	-4,5	-29	-29	84	7,4
33	Пермь	229	-5,9	-35	-35	81	7,6
34	Петрозаводск	240	-3,1	-29	-29	86	6,6
35	Псков	212	-1,6	-26	-26	86	8,0
36	Ростов-на-Дону	171	-0,6	-22	-22	85	9,2
37	Рязань	210	-3,5	-27	-27	83	7,7
38	Санкт-Петербург	220	-1,8	-26	-26	86	7,8
39	Смоленск	215	-2,4	-26	-26	86	8,0
40	Ставрополь	168	-0,9	-19	-19	82	8,9
41	Тамбов	201	-3,7	-28	-28	84	7,7
42	Томск	236	-8,4	-40	-40	80	6,3
43	Тула	207	-3,0	-27	-27	83	7,8
44	Тюмень	225	-7,2	-38	-38	81	6,5
45	Ульяновск	212	-5,4	-31	-31	82	7,4
46	Уфа	214	-6,6	-35	-35	81	7,2
47	Челябинск	218	-6,5	-34	-34	78	6,5
48	Ярославль	221	-4,0	-31	-31	83	7,4
49	Ижевск	222	-5,6	-34	-34	85	6,9
50	Чита	242	-11,4	-38	-38	75	5,0
51	Чебоксары	217	-8,3	-32	-32	84	7,2
52	Самара	203	-5,2	-30	-30	84	7,2
53	Саратов	196	-4,3	-27	-27	82	7,4
54	Саранск	209	-4,5	-30	-30	83	7,6
55	Владивосток	196	-3,9	-24	-24	61	8,8
56	Хабаровск	211	-9,3	-31	-31	75	7,6

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

КАРТА ЗОН ВЛАЖНОСТИ



**Нормируемые теплотехнические показатели
строительных материалов и изделий**

Материал	Плотность в сухом состоянии γ_0 , кг/м ³	Расчетные коэффициенты (при условии эксплуатации)				
		теплопроводность λ , Вт/(м·°С)		теплоусвоение (при периоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°С)		паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)
		А	Б	А	Б	А, Б
1	2	3	4	5	6	7
І. Бетоны и растворы						
<i>А. Бетоны на природных плотных заполнителях (ГОСТ 7473, ГОСТ 25192)</i>						
Железобетон (ГОСТ 26633)	2500	1,92	2,04	17,98	16,95	0,03
Бетон на гравии или щебне из природного камня (ГОСТ 26633)	2400	1,74	1,88	16,77	17,88	0,03
<i>Б. Бетоны на природных пористых заполнителях (ГОСТ 25820, ГОСТ 22263)</i>						
Туфобетон	1800	0,87	0,99	11,38	12,79	0,09
	1600	0,7	0,81	9,62	10,91	0,11
	1400	0,52	0,58	7,76	8,63	0,11
	1200	0,41	0,47	6,38	7,2	0,12
Пемзобетон	1600	0,62	0,68	8,54	9,3	0,075
	1400	0,49	0,54	7,1	7,76	0,083
	1200	0,4	0,43	5,94	6,41	0,098
	1000	0,3	0,34	4,69	5,2	0,11
	800	0,22	0,26	3,6	4,07	0,12
Бетон на вулканическом шлаке	1600	0,64	0,7	9,2	10,14	0,075
	1400	0,52	0,58	7,76	8,63	0,083
	1200	0,41	0,47	6,38	7,2	0,09
	1000	0,29	0,35	4,9	5,67	0,098
	800	0,23	0,29	3,9	4,61	0,11

1	2	3	4	5	6	7
<i>В. Бетоны на искусственных пористых заполнителях</i>						

<i>(ГОСТ 25820, ГОСТ 9757)</i>						
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзи- топенобетон	1800	0,8	0,92	10,5	12,33	0,09
	1600	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
	1400	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
	1200	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
	1000	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
	800	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
	600	0,52	0,26	3,03	3,78	0,075
	500	0,17	0,23	2,55	3,25	
Керамзитобетон на кварцевом пес- ке с поризацией	1200	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
	1000	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
		0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
Шунгзитобетон	1400	0,56	0,64	7,59	8,6	0,098
	1200	0,44	0,5	6,23	7,04	0,11
	1000	0,33	0,38	4,92	5,6	0,14
Перлитобетон	1200	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
	1000	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
	800	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
	600	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
Вермикулитобе- тон	800	0,23	0,26	3,97	4,58	–
	600	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
	400	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
	300	0,09	0,11	1,52	1,83	0,23
<i>Г. Бетоны ячеистые (ГОСТ 25485, ГОСТ 5742)</i>						
Газо- и пенобетон, газо- и пеносили- кат	1000	0,41	0,47	6,13	7,09	0,11
	800	0,33	0,37	4,92	5,63	0,14
	600	0,22	0,26	3,36	3,91	0,17
	400	0,14	0,15	2,19	2,42	0,23
	300	0,11	0,13	1,68	1,95	0,26
<i>Д. Цементные, известковые и гипсовые растворы (ГОСТ 28013)</i>						
Раствор цементно- песчаный	1800	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09
Раствор сложный (песок, известь, цемент)	1700	0,7	0,87	8,95	10,42	0,098
Раствор известко- во-песчаный	1600	0,7	0,81	8,69	9,76	0,12

1	2	3	4	5	6	7
Раствор цементно-	1400	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11

шлаковый						
То же	1200	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
Раствор цементно-перлитовый	1000	0,26	0,3	4,64	5,42	0,15
<i>Е. Плиты из природных органических и неорганических материалов</i>						
Плиты древесно-волоконистые (ДВП) и древесно-стружечные (ДСП)	1000	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
	800	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
	600	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
	400	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
Плиты из гипса	1350	0,50	0,56	7,04	7,76	0,098
	1100	0,35	0,41	5,32	5,99	0,11
Листы гипсовые обшивочные (ГКЛ и ГВЛ)	1050	0,34	0,36	5,12	5,48	0,075
	800	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
II. Кирпичная кладка и облицовка природным камнем						
<i>А. Кирпичная кладка из сплошного кирпича</i>						
Глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	1800	0,7	0,81	9,2	10,12	0,11
Глиняного обыкновенного на цементно-шлаковом растворе	1700	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12
<i>Б. Кирпичная кладка из пустотного кирпича</i>						
Керамического пустотного плотностью 1400 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1600	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
Керамического пустотного плотностью 1300 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1400	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

Керамического пустотного плотностью 1000 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1200	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
Силикатного одиннадцатипустотного на цементно-песчаном растворе	1500	0,7	0,81	8,59	9,63	0,13
Силикатного четырнадцатипустотного на цементно-песчаном растворе	1400	0,64	0,76	7,93	9,01	0,14
<i>В. Облицовка природным камнем (ГОСТ 9480)</i>						
Гранит, гнейс и базальт	2800	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
Мрамор	2800	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
Известняк	2000	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06
Туф	2000	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
	1800	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
	1600	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
III. Дерево, изделия из него						
Сосна и ель поперек волокон	500	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
Дуб поперек волокон	700	0,18	0,23	5	5,86	0,05
Фанера клееная	600	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
VI. Теплоизоляционные материалы (ГОСТ 16381)						
<i>А. Минераловатные (ГОСТ 4640) и стекловолокнистые (ГОСТ 10499)</i>						
Маты минераловатные прошивные и на синтетическом связующем	225	0,072	0,082	1,04	1,19	0,49
	175	0,066	0,076	0,88	1,01	0,49
	125	0,064	0,07	0,73	0,82	0,30
	100	0,061	0,067	0,64	0,72	0,49
	75	0,058	0,064	0,54	0,61	0,49
	50	0,052	0,06	0,42	0,48	0,49

1	2	3	4	5	6	7
Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующих	250	0,082	0,085	1,17	1,28	0,41
	225	0,079	0,084	1,09	1,20	0,41
	200	0,076	0,08	1,01	1,11	0,49
	150	0,068	0,073	0,83	0,92	0,49
	125	0,064	0,069	0,73	0,81	0,49
	100	0,06	0,065	0,64	0,71	0,56
	75	0,056	0,063	0,53	0,60	0,60
	40–60 25–50	0,041 0,042	0,044 0,045	0,37 0,31	0,41 0,35	0,35 0,37
Плиты минераловатные повышенной жесткости на органофосфатном связующем	200	0,07	0,076	0,94	1,01	0,45
Плиты полужесткие минераловатные на крахмальном связующем	200	0,076	0,08	1,01	1,11	0,38
	125	0,06	0,064	0,70	0,78	0,38
Плиты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем	45	0,06	0,064	0,44	0,5	0,6
Маты и полосы из стеклянного волокна прошивные	150	0,064	0,07	0,8	0,9	0,53
Маты из стеклянного штапельного волокна URSA	25	0,043	0,05	0,27	0,31	0,61
	15	0,048	0,053	0,22	0,25	0,68
Плиты из стеклянного штапельного волокна URSA	85	0,046	0,05	0,51	0,57	0,05
	75	0,042	0,047	0,46	0,52	0,05
	60	0,040	0,045	0,40	0,45	0,51
	45	0,041	0,045	0,35	0,39	0,51
	35	0,041	0,046	0,31	0,35	0,52
	20	0,43	0,048	0,24	0,27	0,52
	15	0,049	0,055	0,22	0,25	0,55
<i>Б. Полимерные</i>						
Пенополистрол	150	0,052	0,06	0,89	0,99	0,05
	100	0,041	0,052	0,65	0,82	0,05
	40	0,041	0,05	0,41	0,49	0,05

1	2	3	4	5	6	7
Экструдированный пенополистрол фирмы БАСФ ТУ 2244-001-47547616-00	25	0,031	0,031	0,28	0,31	0,013
Стиродур 2500С						
4000С	35	0,031	0,031	0,34	0,37	0,005
5000С	45	0,031	0,031	0,38	0,42	0,005
Пенополистрол фирмы БАСФ						
PS15	15	0,04	0,049	0,25	0,29	0,035
PS20	20	0,038	0,42	0,28	0,33	0,030
PS30	30	0,036	0,40	0,33	0,39	0,030
Экструдированный пенополистирол «Стайрофом»	28	0,030	0,031	0,31	0,34	0,006
	32	0,029	0,029	0,32	0,36	0,006
То же «Руфмат»	38	0,028	0,028	0,34	0,38	0,006
То же «Флурмат 500»	75	0,029	0,029	0,28	0,31	0,006
То же «Флурмат 200»						
То же «Пеноплекс», тип 35	35	0,029	0,030	0,36	0,37	0,018
То же, тип 45	45	0,031	0,032	0,40	0,42	0,015
Пенопласт ПХВ-1 и ПВ-1	125	0,06	0,064	0,086	0,99	0,23
	100 и менее	0,05	0,052	0,068	0,8	0,23
Пенополиуретан	80	0,05	0,05	0,67	0,7	0,05
	60	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
	40	0,04	0,04	0,4	0,42	0,05
Плиты из резольно-фенолформальдегидного пенопласта	90	0,053	0,073	0,81	0,7	0,15
	80	0,051	0,071	0,75	1,02	0,23
	50	0,045	0,064	0,56	0,77	0,23
<i>В. Засыпки</i>						
Гравий керамзитовый	600	0,17	0,2	2,62	2,91	0,23
	500	0,15	0,165	2,25	2,41	0,23
	400	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
	300	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
<i>Г. Пеностекло или газостекло</i>						
Пеностекло или газостекло	400	0,12	0,14	1,76	1,94	0,02
	300	0,11	0,12	1,46	1,56	0,02
	200	0,08	0,09	1,01	1,1	0,03

1	2	3	4	5	6	7
V. Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и рулонные покрытия для полов (ГОСТ 30547)						
<i>А. Асбестоцементные</i>						
Листы асбестоцементные плоские	1800	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
	1600	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03
<i>Б. Битумы</i>						
Битумы нефтяные строительные и кровельные	1400	0,27	0,27	6,8	6,8	0,008
	1200	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
	1000	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
Асфальтобетон	2100	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
Рубероид, бикрост, рубитекс, изопласт, линокром, стеклоизол, КТфлекс	600	0,17	0,17	3,53	3,53	см прил.11
<i>В. Линолеумы</i>						
Линолеум поливинилхлоридный на теплоизоляционной основе	1800	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
	1600	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
То же, на тканевой подоснове	1800	0,35	0,35	8,22	8,22	0,002
	1600	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
	1400	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002
VI. Металлы и стекло						
Сталь стержневая арматурная	7850	58	58	126,5	126,5	0
Алюминий	2600	221	221	187,6	187,6	0
Медь	8500	407	407	326	326	0
Стекло оконное	2500	0,76	0,76	10,79	10,79	0

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Значение коэффициента теплотехнической однородности для стеновых панелей промышленного изготовления

№ п/п	Ограждающая конструкция	Коэффициент
1	Из однослойных легковесных панелей	0,9
2	Из легковесных панелей	0,75
3	Из трехслойных железобетонных панелей с эффективным утеплителем и гибкими связями	0,7
4	То же, с железобетонными шпонками или ребрами из керамзитобетона	0,6
5	То же, с железобетонными ребрами	0,5
6	Из трехслойных металлических панелей с эффективным утеплителем	0,75
7	Из трехслойных асбестоцементных панелей с эффективным утеплителем	0,7

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Приведенное сопротивление теплопередаче R_o^r , коэффициент затенения непрозрачными элементами τ , коэффициент относительного пропускания солнечной радиации k окон, балконных дверей и фонарей

№ п/п	Заполнение светового проема	Светопрозрачные конструкции					
		в деревянных или ПВХ переплетах			в алюминиевых переплетах		
		R_o^r , м ² ·°С/Вт	τ	k	R_o^r , м ² ·°С/Вт	τ	k
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Двойное остекление из обычного стекла в спаренных переплетах	0,40	0,75	0,62	—	0,70	0,62
2	Двойное остекление с твердым селективным покрытием в спаренных переплетах	0,55	0,75	0,65	—	0,70	0,65
3	Двойное остекление из обычного стекла в отдельных переплетах	0,44	0,65	0,62	0,34	0,60	0,62
4	Двойное остекление с твердым селективным покрытием в отдельных переплетах	0,57	0,65	0,60	0,45	0,60	0,60
5	Блоки стеклянные пустотные (с шириной швов 6 мм) размером, мм: 194×194×98 2544×244×98	0,31 0,33	0,90 0,90	0,40 (без переплета) 0,45 (без переплета)			
6	Профильное стекло коробчатого сечения	0,31	0,90	0,50 (без переплета)			
7	Двойное из органического стекла для зенитных фонарей	0,36	0,90	0,9	—	0,90	0,90
8	Тройное из органического стекла для зенитных фонарей	0,52	0,90	0,83	—	0,90	0,83
9	Тройное остекление из обычного стекла в раздельно-спаренных переплетах	0,55	0,50	0,70	0,46	0,50	0,70
10	Тройное остекление с твердым селективным покрытием в раздельно-спаренных переплетах	0,60	0,50	0,67	0,50	0,50	0,67

1	2	3	4	5	6	7	8
11	Однокамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла:						
	обычного	0,35	0,80	0,76	0,34	0,80	0,76
	с твердым селективным покрытием	0,51	0,80	0,75	0,43	0,80	0,75
	с мягким селективным покрытием	0,56	0,80	0,54	0,47	0,80	0,54
12	Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла:						
	обычного (с межстекольным расстоянием 8 мм)	0,50	0,80	0,74	0,43	0,80	0,74
	обычного (с межстекольным расстоянием 12 мм)	0,54	0,80	0,74	0,45	0,80	0,74
	с твердым селективным покрытием	0,58	0,80	0,68	0,48	0,80	0,68
	с мягким селективным покрытием	0,68	0,80	0,48	0,52	0,80	0,48
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,65	0,80	0,68	0,53	0,80	0,68
13	Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в отдельных переплетах из стекла:						
	обычного	0,56	0,60	0,63	0,50	0,60	0,63
	с твердым селективным покрытием	0,65	0,60	0,58	0,56	0,60	0,58
	с мягким селективным покрытием	0,72	0,60	0,51	0,60	0,60	0,58
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,69	0,60	0,58	0,60	0,60	0,58
14	Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в отдельных переплетах из стекла:						
	обычного	0,65	0,60	0,60	–	0,60	0,60
	с твердым селективным покрытием	0,72	0,60	0,56	–	0,58	0,56
	с мягким селективным покрытием	0,80	0,60	0,36	–	0,58	0,56
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,82	0,60	0,56		0,58	0,56

1	2	3	4	5	6	7	8
15	Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,70	0,70	0,59	–	0,70	0,59
16	Два однокамерных стеклопакета в отдельных переплетах	0,75	0,60	0,54	–	0,60	0,54
17	Четырехслойное остекление из обычного стекла в двух спаренных переплетах	0,80	0,50	0,59	–	0,50	0,59

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Температуры точки росы t_d , °С, для различных значений температур t_{int} и относительной влажности φ_{int} , %, воздуха в помещении

t_{int} , °С	t_d , °С, при φ_{int} , %											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
-5	-15,3	– 14,04	-12,9	– 11,84	– 10,83	-9,96	-9,11	-8,31	-7,62	-6,89	-6,24	-5,6
-4	-14,4	-13,1	– 11,93	– 10,84	-9,89	-8,99	-8,11	-7,34	-6,62	-5,89	-5,24	-4,6
-3	– 13,42	– 12,16	– 10,98	-9,91	-8,95	-7,99	-7,16	-6,37	-5,62	-4,9	-4,24	-3,6
-2	– 12,58	– 11,22	– 10,04	-8,98	-7,95	-7,04	-6,21	-5,4	-4,62	-3,9	-3,34	-2,6
-1	– 11,61	– 10,28	-9,1	-7,98	-7,0	-6,09	-5,21	-4,43	-3,66	-2,94	-2,34	-1,6
0	– 10,65	-9,34	-8,16	-7,05	-6,06	-5,14	-4,26	-3,46	-2,7	-1,96	-1,34	-0,62
1	-9,85	-8,52	-7,32	-6,22	-5,21	-4,26	-3,4	-2,58	-1,82	-1,08	-0,41	0,31
2	-9,07	-7,72	-6,52	-5,39	-4,38	-3,44	-2,56	-1,74	-0,97	-0,24	0,52	1,29
3	-8,22	-6,88	-5,66	-4,53	-3,52	-2,57	-1,69	-0,88	-0,08	0,74	1,52	2,29
4	-7,45	-6,07	-4,84	-3,74	-2,7	-1,75	-0,87	-0,01	0,87	1,72	2,5	3,26
5	-6,66	-5,26	-4,03	-2,91	-1,87	-0,92	-0,01	0,94	1,83	2,68	3,49	4,26
6	-5,81	-4,45	-3,22	-2,08	-1,04	-0,08	0,94	1,89	2,8	3,68	4,48	5,25
7	-5,01	-3,64	-2,39	-1,25	-0,21	0,87	1,9	2,85	3,77	4,66	5,47	6,25
8	-4,21	-2,83	-1,56	-0,42	-0,72	1,82	2,86	3,85	4,77	5,64	6,46	7,24
9	-3,41	-2,02	-0,78	0,46	1,66	2,77	3,82	4,81	5,74	6,62	7,45	8,24
10	-2,62	-1,22	0,08	1,39	2,6	3,72	4,78	5,77	6,71	7,6	8,44	9,23
11	-1,83	-0,42	0,98	1,32	3,54	4,68	5,74	6,74	7,68	8,58	9,43	10,23

$t_{\text{int}},$ °C	$t_d, \text{ }^\circ\text{C}, \text{ при } \varphi_{\text{int}}, \%$											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
12	-1,04	0,44	1,9	3,25	4,48	5,63	6,7	7,71	8,65	9,56	10,42	11,22
13	-0,25	1,35	2,82	4,18	5,42	6,58	7,66	8,68	9,62	10,54	11,41	12,21
14	0,63	2,26	3,76	5,11	6,36	7,53	8,62	9,64	10,59	11,52	12,4	13,21
15	1,51	3,17	4,68	6,04	7,3	8,48	9,58	10,6	11,59	12,5	13,38	14,21
16	2,41	4,08	5,6	6,97	8,24	9,43	10,54	11,57	12,56	13,48	14,36	15,2
17	3,31	4,99	6,52	7,9	9,18	10,37	11,5	12,54	13,53	14,46	15,36	16,19
18	4,2	5,9	7,44	8,83	10,12	11,32	12,46	13,51	14,5	15,44	16,34	17,19
19	5,09	6,81	8,36	9,76	11,06	12,27	13,42	14,48	15,47	16,42	17,32	18,19
20	6,0	7,72	9,28	10,69	12,0	13,22	14,38	15,44	16,44	17,4	18,32	19,18
21	6,9	8,62	10,2	11,62	12,94	14,17	15,33	16,4	17,41	18,38	19,3	20,18
22	7,69	9,52	11,12	12,56	13,88	15,12	16,28	17,37	18,38	19,36	20,3	21,6
23	8,68	10,43	12,03	13,48	14,82	16,07	17,23	18,34	19,38	20,34	21,28	22,15
24	9,57	11,34	12,94	14,41	15,76	17,02	18,19	19,3	20,35	21,32	22,26	23,15
25	10,46	12,75	13,86	15,34	16,7	17,97	19,15	20,26	21,32	22,3	23,24	24,14
26	11,35	13,15	14,78	16,27	17,64	18,95	20,11	21,22	22,29	23,28	24,22	25,14
27	12,24	14,05	15,7	17,19	18,57	19,87	21,06	22,18	23,26	24,26	25,22	26,13
28	13,13	14,95	16,61	18,11	19,5	20,81	22,01	23,14	24,23	25,24	26,2	27,12
29	14,02	15,86	17,52	19,04	20,44	21,75	22,96	24,11	25,2	26,22	27,2	28,12
30	14,92	16,77	18,44	19,97	21,38	22,69	23,92	25,08	26,17	27,2	28,18	29,11
31	15,82	17,68	19,36	20,9	22,32	23,64	24,88	26,04	27,14	28,08	29,16	30,1
32	16,71	18,58	20,27	21,83	23,26	24,59	25,83	27,0	28,11	29,16	30,16	31,19
33	17,6	19,48	21,18	22,76	24,2	25,54	26,78	27,97	29,08	30,14	31,14	32,19
34	18,49	20,38	22,1	23,68	25,14	26,49	27,74	28,94	30,05	31,12	32,12	33,08
35	19,38	21,28	23,02	24,6	26,08	27,64	28,7	29,91	31,02	32,1	33,12	34,08

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

**Значения парциального давления насыщенного водяного пара E , Па,
для температуры t от 0 до минус 41 °С (надо льдом)**

$t, ^\circ\text{C}$	E	$t, ^\circ\text{C}$	E	$t, ^\circ\text{C}$	E	$t, ^\circ\text{C}$	E	$t, ^\circ\text{C}$	E
0	611	-5,4	388	-10,6	245	-16	151	-23	77
-0,2	601	-5,6	381	-10,8	241	-16,2	148	-23,5	73
-0,4	592	-5,8	375	-11	237	-16,4	145	-24	69
-0,6	581	-6	369	-11,2	233	-16,6	143	-24,5	65
-0,8	573	-6,2	363	-11,4	229	-16,8	140	-25	63
-1	563	-6,4	356	-11,6	225	-17	137	-25,5	60
-1,2	553	-6,6	351	-11,8	221	-17,2	135	-26	57
-1,4	544	-6,8	344	-12	217	-17,4	132	-26,5	53
-1,6	535	-7	338	-12,2	213	-17,6	129	-27	51
-1,8	527	-7,2	332	-12,4	209	-17,8	128	-27,5	48
-2	517	-7,4	327	-12,6	207	-18	125	-28	47
-2,2	509	-7,6	321	-12,8	203	-18,2	123	-28,5	44
-2,4	400	-7,8	315	-13	199	-18,4	120	-29	42
-2,6	492	-8	310	-13,2	195	-18,6	117	-29,5	39
-2,8	484	-8,2	304	-13,4	191	-18,8	116	-	-
-3	476	-8,4	299	-13,6	188	-19	113	-30	38
-3,2	468	-8,6	293	-13,8	184	-19,2	111	-31	34
-3,4	460	-8,8	289	-14	181	-19,4	109	-32	34
-3,6	452	-9	284	-14,2	179	-19,6	107	-33	27
-3,8	445	-9,2	279	-14,4	175	-19,8	105	-34	25
-4	437	-9,4	273	-14,6	172	-	-	-35	22
-4,2	429	-9,6	268	-14,8	168	-20	103	-36	20
-4,4	423	-9,8	264	-15	165	-20,5	99	-37	18
-4,6	415	-	-	-15,2	163	-21	93	-38	16
-4,8	408	-10	260	-15,4	159	-21,5	89	-39	14
-5	402	-10,2	260	-15,4	159	-22	85	-40	12
-5,2	395	-10,4	251	-15,8	153	-22,5	81	-41	11

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

**Значения парциального давления насыщенного водяного пара E , Па,
для температуры t от 0 до плюс 30 °С (над водой)**

$t, ^\circ\text{C}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	611	615	620	624	629	633	639	643	648	652
1	657	661	667	671	676	681	687	691	696	701
2	705	711	716	721	727	732	737	743	748	753
3	759	764	769	775	780	785	791	796	803	808
4	813	819	825	831	836	843	848	855	860	867
5	872	879	885	891	897	904	909	916	923	929
6	935	941	948	956	961	968	975	981	988	995
7	1001	1009	1016	1023	1029	1037	1044	1051	1059	1065
8	1072	1080	1088	1095	1103	1109	1117	1125	1132	1140
9	1148	1156	1164	1172	1180	1188	1196	1204	1212	1220
10	1228	1236	1244	1253	1261	1269	1279	1287	1285	1304
11	1312	1321	1331	1339	1348	1355	1365	1375	1384	1323
12	1403	1412	1421	1431	1440	1449	1459	1468	1479	1488
13	1497	1508	1517	1527	1537	1547	1557	1568	1577	1588
14	1599	1609	1619	1629	1640	1651	1661	1672	1683	1695
15	1705	1716	1727	1739	1749	1761	1772	1784	1795	1807
16	1817	1829	1841	1853	1865	1877	1889	1901	1913	1925
17	1937	1949	1962	1974	1986	2000	2012	2025	2037	2050
18	2064	2077	2089	2102	2115	2129	2142	2156	2169	2182
19	2197	2210	2225	2238	2252	2266	2281	2294	2309	2324
20	2338	2352	2366	2381	2396	2412	2426	2441	2456	2471
21	2488	2502	2517	2538	2542	2564	2580	2596	2612	2628
22	2644	2660	2676	2691	2709	2725	2742	2758	2776	2792
23	2809	28'26	2842	2860	2877	2894	2913	2930	2948	2965
24	2984	3001	3020	3038	3056	3074	3093	3112	3130	3149
25	3168	3186	3205	3224	3244	3262	3282	3301	3321	3341
26	3363	3381	3401	3421	3441	3461	3481	3502	3523	3544
27	3567	3586	3608	3628	3649	3672	3692	3714	3796	3758
28	3782	3801	3824	4846	3869	3890	3913	3937	3960	3982
29	4005	4029	4052	4076	4100	4122	4146	4170	4194	4218
30	4246	4268	4292	4317	4341	4366	4390	4416	4441	4466

Учебное издание

ШИХОВ Александр Николаевич

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ
НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Учебное пособие

Редактор и корректор Н.В. Бабинова

Лицензия ЛР № 020370

Подписано в печать 18.07.06. Формат 60×90/16.
Набор компьютерный. Усл. печ. л. 4,25. Уч.-изд. л. 4,0.
Тираж 100. Заказ 99

Издательство
Пермского государственного технического университета
Адрес: 614600, Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113,
тел. (342) 2–198–033