

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

В.А. Пухкал

**ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ
ЗДАНИЙ**

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2016

1. Содержание и оформление курсовой работы

Основным исходным материалом для разработки курсовой работы «Тепловой режим общественного здания» является задание кафедры. В задании приводятся:

- город строительства;
- сведения о назначении здания;
- архитектурно-строительные чертежи объекта;
- ориентация здания относительно сторон света;
- данные об основных строительных конструкциях.

Приступая к проектированию, необходимо не только разобраться в конструкции и планировочных решениях здания, но и, пользуясь соответствующей нормативной, справочной, учебной и научно-технической литературой, приведенной в конце пособия, и другими источниками, ознакомиться с методикой определения температурно-влажностных условий как наружного климата, так и микроклимата в отапливаемых помещениях здания.

В курсовой работе проектирование ограждений условно ограничено только теплотехническим расчетом. Целью теплотехнического расчета является определение необходимой толщины теплоизоляционного слоя наружных ограждений, сопротивления теплопередаче и коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций здания. Теплотехническому расчету подлежат все виды ограждений (наружные стены, покрытия, перекрытия над подвалом, полы, перегородки, заполнения оконных и дверных проемов и т.д.).

Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку и чертежи.

Расчетно-пояснительная записка выполняется на стандартных листах писчей бумаги формата А4 (210x297 мм) с оставлением слева свободного поля шириной 3 см. Содержание записки излагается по разделам кратко, четкими фразами, со смысловыми абзацами. При оформлении записка должна иметь типовой титульный лист, нумерацию страниц, рисунки, таблицы приложений, список используемой литературы и оглавление.

Содержание записки (по разделам):

1. Описание задания к работе, исходные данные к разработке:

- назначение здания и географический пункт его местонахождения, ориентация расположения здания относительно сторон света;

- основные климатические данные пункта строительства;
- основные сведения о планировочной и строительной частях здания;

2. Конструктивные решения и теплотехнический расчет ограждающих конструкций:

- определение термического сопротивления и коэффициента теплопередачи наружных стен, чердачного перекрытия или покрытия, внутренних стен и т.д. (конструкция и материал принимаются по усмотрению студента);

- определение коэффициента теплопередачи наружных дверей, окон и балконных дверей по величине требуемого сопротивления теплопередаче;

- определение коэффициента теплопередачи полов, расположенных на грунте, по зонам (в зависимости от принятой конструкции пола);

3. Расчет теплопотерь:

- методика расчета основных и дополнительных теплопотерь;
- таблица расчета теплопотерь через ограждения помещений;
- общие потери теплоты зданием;

4. Удельный расход тепловой энергии на отопление здания

Графическая часть проекта выполняется на листах чертежной бумаги формата А1.

На листах с планами и разрезами этажей, подвала и чердака (если последние имеются), выполненных в масштабе 1:100, должны быть показаны: ориентация здания; оси здания и размеры между ними; нумерация всех помещений и обозначения лестничных клеток; отметки расположения по высоте чердачного перекрытия, полов поэтажных помещений, подвала и площадок лестничных клеток; входы на чердак и в подвал.

Буквенные обозначения, шрифт, штамп, правила графики, порядок нанесения размеров и т.д. следует принимать в соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД).

2. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

2.1. Последовательность проектирования

Наружные ограждающие конструкции (наружные ограждения) образуют замкнутую оболочку здания, отделяющую его внутреннее пространство от окружающей среды. К наружным ограждениям относятся: наружные стены (наружные стеновые ограждения), кровля, чердачное перекрытие (при неотапливаемом чердаке), перекрытие над неотапливаемым подвалом или пол по грунту в отапливаемом подвале.

В наружных стеновых ограждениях могут устраиваться проемы для заполнения светопрозрачными конструкциями. Наружные светопрозрачные конструкции обеспечивают необходимую естественную освещенность помещения и возможность визуального контакта с окружающей средой. К наружным светопрозрачным конструкциям зданий относятся:

- окна и остекленные двери (входные и балконные);
- витражи и витрины;
- остекленные стены фасадов;
- элементы остекления крыш;
- элементы остекления балконов и лоджий.

Нормами [1] установлены три показателя тепловой защиты здания:

- **нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче** отдельных ограждающих конструкций здания;
- **санитарно-гигиенический**, включающий нормируемый температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций, а также температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;
- **удельный расход тепловой энергии** на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций здания в зависимости от объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания микроклимата.

Проектирование тепловой защиты здания выполняется в следующей последовательности:

- выбираются климатические параметры наружного воздуха для проектируемого здания;
- принимаются параметры внутреннего воздуха в зависимости от назначения здания;
- определяется нормируемое (требуемое) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций здания;
- определяется нормируемое (требуемое) приведенное сопротивление теплопередаче по санитарно-гигиеническим показателям;
- разрабатываются или выбираются конструктивные решения наружных ограждений; при этом их приведенное сопротивление теплопередаче не должно быть меньше нормируемого значения;
- рассчитывается удельный расход тепловой энергии на отопление здания и заполняется энергетический паспорт здания.

2.2. Исходные данные

Климатические параметры наружного воздуха.

В качестве исходных параметров наружного воздуха принимаются:

- 1) расчетная зимняя температура наружного воздуха t_n , °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (табл. 3.1 [3]), °С;
- 2) средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{cp.o.n}$, °С. Это значение принимается по табл. 3.1 [3] для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 10 °С – при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых, и не более 8 °С – в остальных случаях;
- 3) продолжительность отопительного периода (в сутках) $z_{o.n}$, сут. табл. 3.1 [3].
- 4) скорость ветра, V , м/с. Принимается максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь по табл. 3.1 [3].

Расчетная температура внутреннего воздуха здания.

Для теплотехнического расчета ограждающих конструкций принимается расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания t_e :

- для жилых зданий, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, интернатов, гостиниц и общежитий – по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494 [7] (в интервале 20 - 22 °С);

- для общественных зданий, кроме указанных выше, административных и бытовых, производственных и других зданий и помещений с влажным или мокрым режимом – согласно классификации помещений по минимальным значениям оптимальной температуры по ГОСТ 30494 [7] (в интервале 16 - 21 °С); для теплотехнического расчета ограждающих конструкций общественных зданий - плюс 18 °С (п. 7.13 [7]).

Параметры микроклимата для жилых помещений приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне жилых зданий и общежитий для холодного периода года

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

Примечания: 1. *НН - не нормируется;

2. Значения в скобках относятся к домам для престарелых и инвалидов.

Для общественных зданий принята следующая **классификация помещений** (ГОСТ 30494-2011 [7]):

- **помещения 1 категории** - помещения, в которых люди в положении лежа или сидя находятся в состоянии покоя и отдыха;
- **помещения 2 категории** - помещения, в которых люди заняты умственным трудом, учебой;
- **помещения 3а категории** - помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды;
- **помещения 3б категории** - помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя в уличной одежде;
- **помещения 3в категории** - помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении стоя без уличной одежды;
- **помещения 4 категории** - помещения для занятий подвижными видами спорта;
- **помещения 5 категории** - помещения, в которых люди находятся в полураздетом виде (раздевалки, процедурные кабинеты, кабинеты врачей и т.п.);
- **помещения 6 категории** - помещения с временным пребыванием людей (вестибюли, гардеробные, коридоры, лестницы, санузлы, курительные, кладовые).

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в обслуживаемой зоне помещений (в установленных расчетных параметрах наружного воздуха) соответствуют значениям, приведенным в табл. 2.2 (ГОСТ 30494-2011 [7]).

Для определения влажностного режима и теплотехнического расчета наружных ограждений в жилых и общественных зданиях допустимо принимать единую расчетную температуру воздуха помещений для всего здания t_g , °С. Ее значение численно равно температуре в преобладающих по назначению помещениях здания. В укрупненных расчетах она иногда принимается как округленная по значению средняя температура воздуха во всем здании (например, для жилых зданий – 20 °С, для общественных зданий – 18 °С [6]).

Величина расчетной относительной влажности воздуха в здании ϕ_g , %, берется, как правило, по допустимым значениям в основных помещениях.

Таблица 2.2

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне общественных зданий для холодного периода года

Наименование помещения или категория	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
1 категория	20-22	18-24	45-30	60	0,2	0,3
2 категория	19-21	18-23	45-30	60	0,2	0,3
3а категория	20-21	19-23	45-30	60	0,2	0,3
3б категория	14-16	12-17	45-30	60	0,2	0,3
3в категория	18-20	16-22	45-30	60	0,2	0,3
4 категория	17-19	15-21	45-30	60	0,2	0,3
5 категория	20-22	20-24	45-30	60	0,15	0,2
6 категория	16-18	14-20	НН*	НН	НН	НН
Ванные, душевые	24-26	18-28	НН	НН	0,15	0,2

Примечание: *НН - не нормируется.

Относительную влажность внутреннего воздуха для определения температуры точки росы ограждающих конструкций жилых и общественных зданий следует принимать: для зданий жилых, 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 общественных зданий (кроме вышеуказанных) — 50 %.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций.

Для выявления теплотехнических характеристик строительных материалов ограждающих конструкций здания необходимо установить влажностные условия эксплуатации ограждения А или Б (табл. 2.3).

Условия эксплуатации определяются в зависимости от влажностного режима помещений (табл. 2.4) и территориальной зоны влажности района застройки.

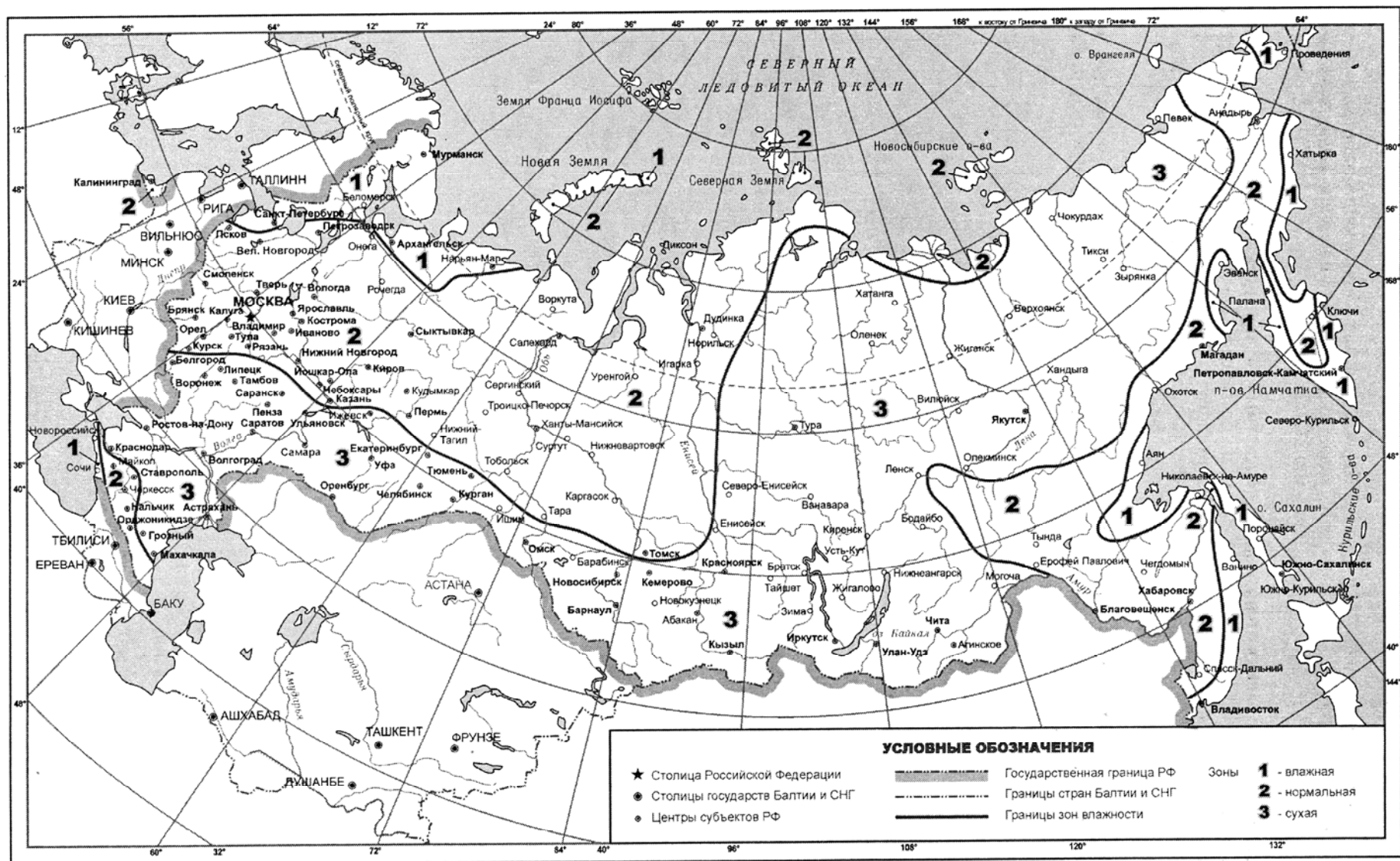


Рис. 2.1. Карта зон влажности

Влажностный режим помещений в зимний период года принимается в соответствии с нормируемыми значениями относительной влажности и температуры внутреннего воздуха в этих помещениях (табл. 2.4).

Таблица 2.3

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

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

Таблица 2.4

Влажностный режим помещений

Влажностный режим помещения	Относительная влажность внутреннего воздуха, %, при температуре		
	до 12 °С	св. 12 до 24 °С	св. 24 °С
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

По влажностным условиям территория России делится на три зоны: влажную, нормальную и сухую. Зона влажности района определяется по схематической карте территории России, приведенной в прилож. В СП 50.13330.2012 – рис. 2.1.

2.3. Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций здания

Нормируемое (требуемое) приведенное сопротивление теплопередаче конструкции ограждения $R_{тр}$ принимается по табл. 2.5 (табл. 3 [1]) в зависимости от типа здания и числа градусо-суток отопительного периода или рассчитывается по зависимости

$$R_{тр} = a \cdot D + b, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}, \quad (2.1)$$

где a и b - численные значения, определяемые по табл. 2.5;

Таблица 2.5

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче
ограждающих конструкций

Здания и помещения, величины a и b	Граду-со-сутки отопительного периода, D , °С · сут	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, $R_{тр}$, м ² ·°С/Вт; значения величин a и b				
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	окон и балконных дверей, витрин и витражей	фонарей с вертикальным остеклением
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,30	0,30
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,60	0,40
	8000	4,2	6,2	5,5	0,70	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,50
	12000	5,6	8,2	7,3	0,80	0,55
	a	0,00035	0,0005	0,00045	*	0,000025
	b	1,4	2,2	1,9	*	0,25
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	0,30	0,30
	4000	2,4	3,2	2,7	0,40	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,50	0,40
	8000	3,6	4,8	4,1	0,60	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,70	0,50
	12000	4,8	6,4	5,5	0,80	0,55
	a	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
	b	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25

Примечания: 1. * - При $D \leq 6000$ °С · сут - $a = 0,000075$; $b = 0,15$;

при $6000 < D < 8000$ °С · сут - $a = 0,00005$; $b = 0,3$;

при $D \geq 8000$ °С · сут - $a = 0,000025$; $b = 0,5$;

2. Приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее, чем в 1,5 раза выше сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих изделий.

3. Нормируемые значения сопротивления теплопередаче чердачных и цокольных перекрытий, отделяющих помещения здания от неотапливаемых пространств с температурой t_x ($t_n < t_x < t_g$), следует уменьшать умножением величин, указанных в столбце 5, на коэффициент n , определяемый по примечанию к табл. 2.6 (п. 5.2.6 [1]). При этом расчетную температуру воздуха в теплом чердаке, теплом подвале и остекленной лоджии и балконе следует определять на основе расчета теплового баланса.

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

5. 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.

D – градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$, определяемые по зависимости

$$D = (t_g - t_{cp.o.n}) \cdot z_{o.n}, \quad ^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}, \quad (2.2)$$

здесь t_g – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{cp.o.n}$, $z_{o.n}$ – средняя температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$, и продолжительность отопительного периода, сут.

2.4. Санитарно-гигиенический показатель теплозащиты

Санитарно-гигиенический показатель теплозащиты (требуемое значение сопротивления теплопередаче R_{mp})

$$R_{mp} = \frac{n \cdot (t_g - t_n)}{\Delta t^n \cdot \alpha_g}, \quad \text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}, \quad (2.3)$$

где n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху – табл. 2.6;

t_n – расчетная зимняя температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (табл. 3.1 [3]);

Δt^H – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по табл. 2.7 (табл. 5 [1]);

α_e – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по табл. 2.8 (табл. 4 [1]), Вт/(м²·°C).

Таблица 2.6

Значения коэффициента n

Ограждающие конструкции	Коэффициент n
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-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 строительной-климатической зоне	0,9
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4

Примечание: Для чердачных перекрытий теплых чердаков и цокольных перекрытий над подвалами с температурой холодного воздуха в них t_x ($t_H < t_x < t_6$) коэффициент n следует определять по зависимости

$$n = \frac{t_6 - t_x}{t_6 - t_H}. \quad (2.4)$$

Определение нормируемого сопротивления теплопередаче внутренних ограждающих конструкций производится при разности температур воздуха между помещениями 6 °C и выше по зависимости

$$R_{mp} = \frac{t_6 - t_x}{\Delta t^H \cdot \alpha_e}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, \quad (2.5)$$

где t_x – расчетная температура воздуха более холодного помещения, °C.

Для теплых чердаков и техподполий, а также в неотапливаемых лестничных клетках жилых зданий с применением квартирной системы теплоснабжения расчетную температуру воздуха в этих помещениях следует принимать по расчету теплового баланса, но не менее 2 °С для техподполий и 5 °С для неотапливаемых лестничных клеток.

В качестве техподполья (технического подвала) рассматриваются подвалы при наличии в них нижней разводки трубопроводов систем отопления, горячего водоснабжения, а также трубопроводов системы водоснабжения и канализации.

Таблица 2.7

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

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt^H , °С, для		
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0
2. Общественные, кроме указанных в п. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5

Таблица 2.8

Значения коэффициента теплоотдачи внутренней поверхности

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи, α_g , Вт/(м ² ·°С)
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

2.5. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

Приведенное сопротивление теплопередаче всей ограждающей конструкции определяется по зависимости

$$R_o^{np} = R_o \cdot r, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \quad (2.6)$$

где R_o - общее сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции без учета теплопроводных включений, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

r - коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, учитывающий влияние стыков, откосов проемов, обрамляющих ребер, гибких связей и других теплопроводных включений.

Сопротивление теплопередаче однородного однослойного или многослойного наружного ограждения с однородными слоями без теплопроводных включений

$$R_o = R_{\epsilon} + R_k + R_n, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \quad (2.7)$$

где R_{ϵ} - термическое сопротивление внутренней поверхности наружного ограждения, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

R_k - термическое сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

R_n - термическое сопротивление наружной поверхности наружного ограждения, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Термическое сопротивление внутренней поверхности наружного ограждения

$$R_{\epsilon} = \frac{1}{\alpha_{\epsilon}}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}. \quad (2.8)$$

Термическое сопротивление ограждающей конструкции с последовательно расположенными однородными слоями определяется как сумма термических сопротивлений отдельных слоев

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{\epsilon.n}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \quad (2.9)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n - термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{\epsilon.n}$ - термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, принимаемое по табл. 2.9 (приложение Е [8]), $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Термические сопротивления отдельных слоев многослойной ограждающей конструкции

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \quad (2.10)$$

где δ – толщина слоя, м;

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, принимаемый по приложению Т [1] для условий эксплуатации ограждающих конструкций (А или Б), Вт/(м·°C).

Термическое сопротивление наружной поверхности наружного ограждения

$$R_n = \frac{1}{\alpha_n}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \quad (2.11)$$

где α_n – коэффициент теплоотдачи (для холодного периода года) наружной поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по табл. 2.10 (табл. 6 [1]), Вт/(м²·°C).

Таблица 2.9

Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, $R_{в.п}$, м ² ·°C/Вт			
	горизонтальной при потоке теп- лоты снизу вверх и вертикаль- ной		горизонтальной при потоке теп- лоты 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 наличии на одной или обеих поверхностях воздушной прослойки теплоотражающей алюминиевой фольги термическое сопротивление следует увеличивать в два раза.

По данным расчета приведенного сопротивления теплопередаче всей ограждающей конструкции определяется приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции

$$K = \frac{1}{R_o^{np}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}). \quad (2.12)$$

Таблица 2.10

Значения коэффициента теплоотдачи наружной поверхности для холодного периода года

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи, α_n , Вт/(м ² ·°С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-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

3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

3.1. Расчет наружных стен

Приведенное сопротивление теплопередаче R_o^{np} , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, для наружных стен следует определять согласно [1] для фасада здания либо для одного промежуточного этажа с учетом откосов проемов без учета их заполнений с проверкой условия невыпадения конденсата на участках в зонах теплопроводных включений.

Необходимая толщина слоя теплоизоляции должна определяться с учетом коэффициента теплотехнической однородности.

Коэффициент теплотехнической однородности с учетом теплотехнических однородностей оконных откосов и примыкающих внутренних ограждений проектируемой конструкции принимается:

- для панелей индустриального изготовления - не менее величин, приведенных в табл. 3.1 (табл. 6 [8]);
- для стен жилых зданий из кирпича: не менее 0,74 - при толщине стены 510 мм; 0,69 - при толщине стены 640 мм и 0,64 - при толщине стены 780 мм.

Таблица 3.1

Минимально допустимые значения коэффициента теплотехнической однородности для конструкций индустриального изготовления

N п.п.	Ограждающая конструкция	Коэффициент
1	Из однослойных легкогобетонных панелей	0,90
2	Из легкогобетонных панелей с термовкладышами	0,75
3	Из трехслойных железобетонных панелей с эффективным утеплителем и гибкими связями	0,70
4	Из трехслойных железобетонных панелей с эффективным утеплителем и железобетонными шпонками или ребрами из керамзитобетона	0,60
5	Из трехслойных железобетонных панелей с эффективным утеплителем и железобетонными ребрами	0,50

С теплотехнической точки зрения различают три вида наружных стен по числу основных слоев: однослойные, двухслойные и трехслойные.

Однослойные стены выполняют из конструкционно-теплоизоляционных материалов и изделий, совмещающих несущие и теплозащитные функции.

В трехслойных ограждениях с защитными слоями на точечных (гибких, шпоночных) связях рекомендуется применять утеплитель из минеральной ваты, стекловаты или пенополистирола с толщиной, устанавливаемой по расчету с учетом теплопроводных включений от связей. В этих ограждениях соотношение толщин наружных и внутренних слоев должно быть не менее 1:1,25 при минимальной толщине наружного слоя 50 мм.

В двухслойных стенах предпочтительно расположение утеплителя снаружи. Используются два варианта наружного утеплителя: системы с наружным покровным слоем без зазора и системы с воздушным зазором между наружным облицовочным слоем и утеплителем. Не рекомендуется применять теплоизоляцию с внутренней стороны из-за возможного накопления влаги в теплоизоляционном слое, однако, в случае необходимости такого применения поверхность со стороны помещения должна иметь сплошной и долговечный пароизоляционный слой.

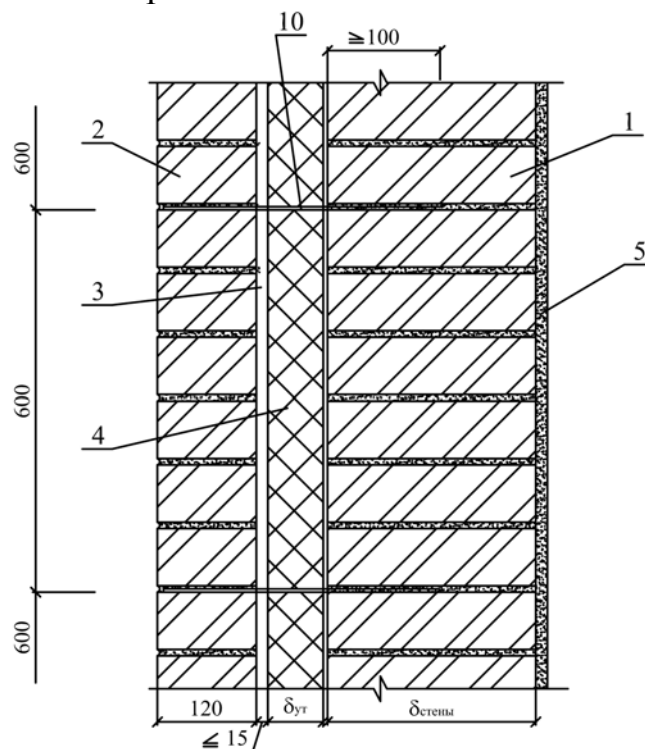
При проектировании стен из кирпича и других мелкоштучных материалов следует максимально применять облегченные конструкции в сочетании с плитами из эффективных теплоизоляционных материалов.

Нормированные значения приведенных сопротивлений теплопередаче различных элементов строительных конструкций предопределили применение многослойных термически неоднородных ограждений с использованием эффективных теплоизоляционных материалов. Эффективными теплоизоляционными материалами считаются утеплители, теплопроводность которых не превышает $0,08 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

Несущая стена трехслойной конструкции с отделочным слоем из кирпича или тонкослойной штукатурки.

Несущая стена трехслойной конструкции имеет несущий слой из полнотелого керамического кирпича (в курсовой работе принять толщину несущего слоя 380 мм), бетонных блоков или железобетона (со слоем внутренней штукатурки 20 мм), слоем теплоизоляции и защитно-декоративным наружным слоем из кирпича толщиной 120 мм или известково-цементной штукатурки толщиной 25 – 30 мм (рис. 3.1). Коэффициент теплотехнической однородности без учета откосов проемов и других теплопроводных включений - 0,95.

а) с отделочным слоем из кирпича



б) с отделочным слоем из тонкослойной штукатурки

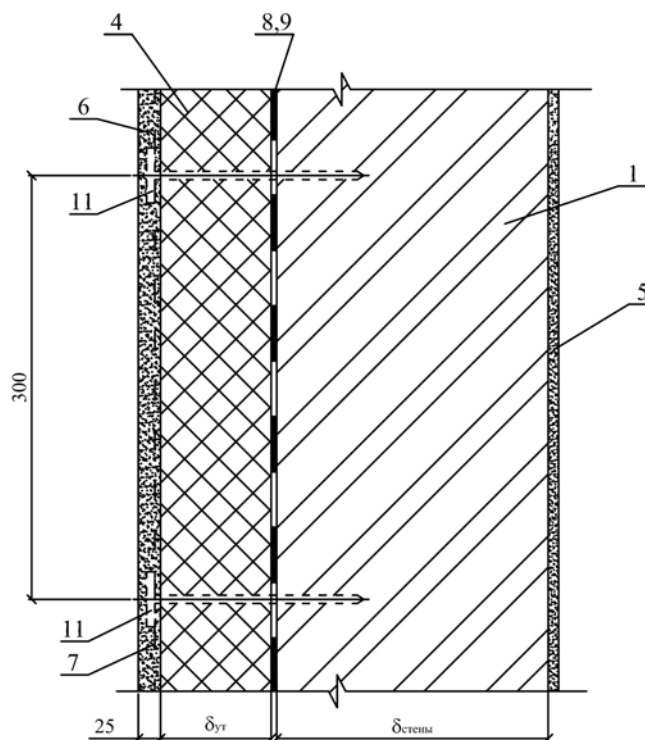


Рис. 3.1. Наружная стена трехслойной конструкции

1 – стена (несущая часть); 2 – защитно-декоративная кладка; 3 – рихтовочный зазор; 4 – теплоизоляция; 5 – внутренняя штукатурка; 6 – наружная штукатурка; 7 – сварная оцинкованная металлическая сетка 20x20 Ø 1,0–1,6; 8 – клеевой состав для приклейки плит теплоизоляции; 9 – выравнивающая штукатурка; 10 – закладная сетка; 11 – дюбель

Для защитной стенки может применяться кирпич или камни керамические лицевые (ГОСТ 7484-78) или отборные стандартные (ГОСТ 530-95) предпочтительно полусухого прессования, а также силикатный кирпич (ГОСТ 379-95). При облицовке силикатным кирпичом цоколь, пояса, парапеты и карниз выполняют из керамического кирпича.

При облицовке кирпичная кладка армируется с несущей частью стены сварными арматурными сетками, располагаемыми с шагом по высоте 600 мм.

При отделочном слое из традиционной толстослойной штукатурки толщиной 25 – 30 мм теплоизоляционные плиты крепят к несущему слою стены на клею и дополнительно распорными дюбелями.

Наружная штукатурка выполняется из известково-цементного раствора, приготавливаемого на месте из извести, песка, цемента, воды и добавок, или из готовых растворных смесей, и армируется стальной оцинкованной сеткой по ГОСТ 2715-75 с размером ячейки 20 мм и диаметром проволоки 1 – 1,6 мм.

Наружные трехслойные стеновые панели.

В зависимости от статической схемы работы наружных стен в здании панели могут быть запроектированы:

- несущими (включая поэтажно несущие и самонесущие) - воспринимающими вертикальные нагрузки от собственного веса и опирающихся на них других конструкций здания;
- ненесущими - не предназначенными для опирания на них конструкций здания.

По назначению панели подразделяются на:

- панели стен надземных этажей;
- панели стен цокольного этажа или технического подполья;
- панели стен чердака или парапетные.

Трехслойные бетонные и железобетонные панели с эффективными утеплителями для наружных стен изготавливаются из тяжелого бетона или легкого бетона на пористых заполнителях.

Теплоизоляционный слой может состоять из нескольких слоев теплоизоляционных изделий и материалов одного или разного видов и выполняется из эффективных теплоизоляционных материалов.

Для наружного и внутреннего слоев панелей следует применять плотные тяжелые или легкие бетоны с объемом межзерновых пустот в уплотненной смеси не более 3%.

Номинальная толщина армированных наружного и внутреннего бетонных слоев панели определяется статическим расчетом с учетом обеспечения требуемых несущей способности, жесткости и трещиностойкости панелей, прочности анкеровки гибких связей, монтажных петель и связей стыков, прочности и трещиностойкости железобетонных перемычек (шпонок), толщин защитных слоев бетона до арматуры, требований к узлам сопряжения панелей между собой и другими конструкциями здания, к узлам закрепления в панелях окон и дверей. С учетом перечисленных факторов номинальные толщины бетонных слоев следует принимать не менее:

- внутреннего слоя несущих панелей - 120 мм;
- внутреннего слоя ненесущих панелей - 80 мм;
- внутреннего слоя поэтажно несущих панелей - 80 мм при тяжелом бетоне и 100 мм - при легком бетоне;
- наружного слоя панелей - 65 мм при тяжелом бетоне и 80 мм - при легком бетоне.

Перечисленные выше номинальные толщины слоев включают номинальную толщину бетона или раствора защитно-декоративного и внутреннего отделочного слоев.

С фасадной стороны панели рекомендуется предусматривать наружный защитно-декоративный слой, предназначенный для защиты основных слоев от внешних климатических воздействий и выполнения декоративных функций. Защитно-декоративный слой может выполняться в виде:

- слоя облицовки керамическими плитками или плитками из декоративного бетона;
- слоя из раствора или декоративного бетона;
- покрытий различными фасадными красками.

Номинальную толщину защитно-декоративного слоя панелей следует принимать не менее:

- 15 мм - в надземных панелях;
- 30 мм - в цокольных панелях и панелях технического подполья.

С обращенной в помещение стороны панели рекомендуется предусматривать внутренний отделочный слой, служащий основанием для последующей отделки стены и состоящий из слоя из раствора и отделочного покрытия. Номинальную толщину слоя раствора во внутреннем отделочном слое панелей следует принимать не более:

- 15 мм - в панелях стен помещений с сухим или нормальным режимами;

20 мм - в панелях стен помещений с повышенной влажностью.

В качестве теплоизоляционного слоя следует применять жесткие теплоизоляционные плиты из:

- полистирольного пенопласта марки 25 или 35;
- минеральной ваты на основе базальтового волокна на синтетическом связующем плотностью 80-160 кг/м³, а также волосянитового волокна на битумно-минеральной связке;
- минеральной ваты на синтетическом связующем плотностью не более 175 кг/м³;
- минеральной ваты из стеклянного волокна на синтетическом связующем плотностью не более 150 кг/м³.

В зависимости от жёсткости (остаточной деформации сжатия) материалы разделяют на следующие виды:

мягкие (М) – сжимаемость свыше 30% при удельной нагрузке 0,002 мПа;

полужёсткие (П) - сжимаемость от 6 до 30% при удельной нагрузке 0,002 мПа относительное сжатие 6-30%;

жёсткие (Ж) - сжимаемость до 6% при удельной нагрузке 0,002 мПа;

повышенной жёсткости (ПЖ) - сжимаемость до 10% при удельной нагрузке 0,04 мПа;

твердые (Т) - сжимаемость до 10% при удельной нагрузке 0,1 мПа.

Полужесткие теплоизоляционные материалы допускается применять только в сочетании с жесткими. В этом случае полужесткие теплоизоляционные плиты должны укладываться непосредственно на слой бетона, являющийся нижним при бетонировании.

Толщина теплоизоляционного слоя назначается кратной 10 мм с учетом номинальных толщин теплоизоляционных плит и не должна превышать 250 мм.

Рекомендуется принимать следующие размеры панелей по толщине: в диапазоне от 200 до 400 мм (200, 220, 240, 250, 260, 280, 300, 320, 340, 350, 360, 380, 400 мм).

В качестве наиболее апробированного решения основных слоев панелей из легкого бетона рекомендуется керамзитобетон с использованием в качестве мелкого заполнителя плотного песка или смеси плотного и пористого песка.

Пример выполнения наружной трехслойной стеновой панели приведен на рис. 3.2.

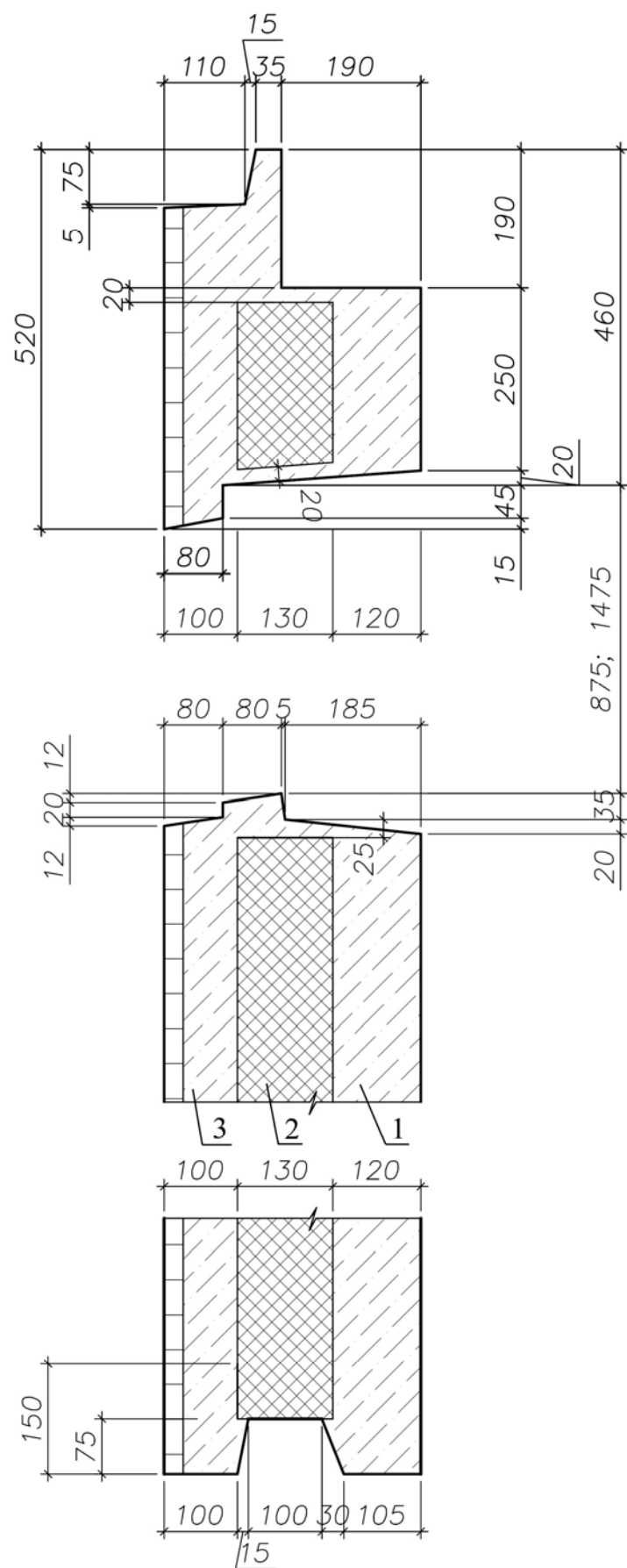


Рис. 3.2. Наружная трехслойная стеновая панель

1 – внутренний слой; 2 – теплоизоляционный слой; 3 – наружный слой

Пример 1.

Выполнить теплотехнический расчет наружной стены административного здания. Конструкция наружной стены представлена на рис. 3.3.

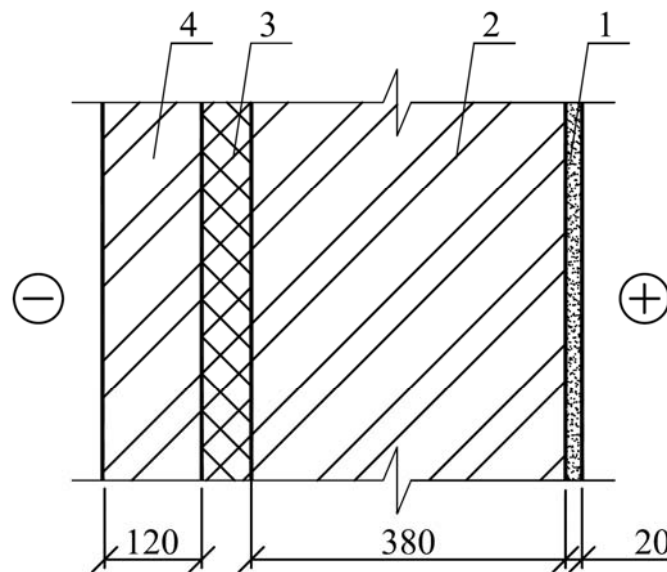


Рис. 3.3. Расчетная схема наружной стены

1 – цементно-песчаная штукатурка; 2; 4 – кирпичная кладка; 3 – плита минераловатная «КАВИТИ БАТТС»

Решение.

1. Исходные данные для теплотехнического расчета:

- расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, - $t_n = -26\text{ }^{\circ}\text{C}$ - табл. 3.1 [3];

- средняя температура наружного воздуха за отопительный период - $t_{ср.о.п} = -1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ - табл. 3.1 [3];

- продолжительность отопительного периода - $z_{о.п} = 220$ сут - табл. 3.1 [3];

- расчетная температура внутреннего воздуха здания для теплотехнического расчета ограждающих конструкций - $t_{в} = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- влажностный режим помещений здания – нормальный – табл. 2.4;

- зона влажности - влажная – рис. 2.1;

- условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б – табл. 2.3;

- коэффициент теплотехнической однородности наружной стены
- $r = 0,69$ - принимаем для стен зданий из кирпича при толщине стены 640 мм;
- расчетные показатели материалов наружной стены приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Расчетные показатели материалов наружной стены

Но- мер слоя	Материал	Тол- щина слоя, м	Плотность материала в сухом со- стоянии, ρ_0 , кг/м ³	Тепло- провод- ность, λ_B , Вт/(м °С)	Источник данных
1	Раствор цементно-песчаный	0,02	1800	0,93	Поз. 201 прилож. Т, табл. Т.1 [1]
2	Кирпичная кладка из глиняного обыкновен- ного кирпича на це- ментно-песчаном рас- творе	0,38	1800	0,81	Поз. 180 прилож. Т, табл. Т.1 [1]
3	Плита минераловатная «КАВИТИ БАТТС»	-	45	0,044	Табл. 1 [11].
4	Кирпичная кладка из керамического пустот- ного кирпича плотно- стью 1400 кг/м ³ (брут- то) на цементно- песчаном растворе	0,12	1600	0,64	Поз. 187 прилож. Т, табл. Т.1 [1]

2. Определяются нормируемые (требуемые) значения сопротивления теплопередаче $R_{тр}$.

Санитарно-гигиенический показатель теплозащиты (требуемое значение сопротивления теплопередаче)

$$R_{тр} = \frac{n \cdot (t_{в} - t_{н})}{\Delta t^n \cdot \alpha_{в}} = \frac{1 \cdot [19 - (-26)]}{4,5 \cdot 8,7} = 1,149 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт},$$

где $n = 1$ - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху - табл. 2.6;

$\Delta t^H = 4,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции - табл. 2.7;

$\alpha_g = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции - табл. 2.8.

Определяется **нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче** конструкции ограждения по зависимости (3.1).

Численные значения величин $a = 0,0003$ и $b = 1,2$ определяются по табл. 2.5.

Градусо-сутки отопительного периода

$$D = (t_g - t_{cp.o.n}) \cdot z_{o.n} = [19 - (-1,8)] \cdot 220 = 4576 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$$

Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче конструкции ограждения

$$R_{mp} = a \cdot D + b = 0,0003 \cdot 4576 + 1,2 = 2,5728 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт.}$$

Для дальнейших расчетов принимается большее значение R_{mp} - нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены $R_{mp} = 2,5728 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт.}$

3. Определяется толщина утепляющего слоя наружной стены и приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены.

Приведенное сопротивление теплопередаче всей ограждающей конструкции приравнивается к нормируемому значению

$$R_o^{np} = R_o \cdot r = \left(\frac{1}{\alpha_g} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_n} \right) \cdot r =$$

$$= \left(\frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \cdot r = R_{mp},$$

откуда определяется ориентировочное значение толщины утепляющего слоя

$$\delta_3' = \left[\frac{R_{mp}}{r} - \left(\frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \right] \cdot \lambda_3, \text{ м;}$$

$$\delta_3' = \left[\frac{2,5728}{0,69} - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,12}{0,64} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,044 = 0,127 \text{ м.}$$

Минераловатные плиты «КАВИТИ БАТТС» имеют толщину от 50 до 200 мм с интервалом 50 мм, поэтому принимается слой изоляции $\delta_3 = 0,15$ м.

Общая толщина ограждения

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 = 0,02 + 0,38 + 0,15 + 0,12 = 0,67 \text{ м.}$$

Уточняется значение коэффициента теплотехнической однородности наружной стены при толщине наружной стены 670 мм - $r = 0,68$ (рис. 3.4).

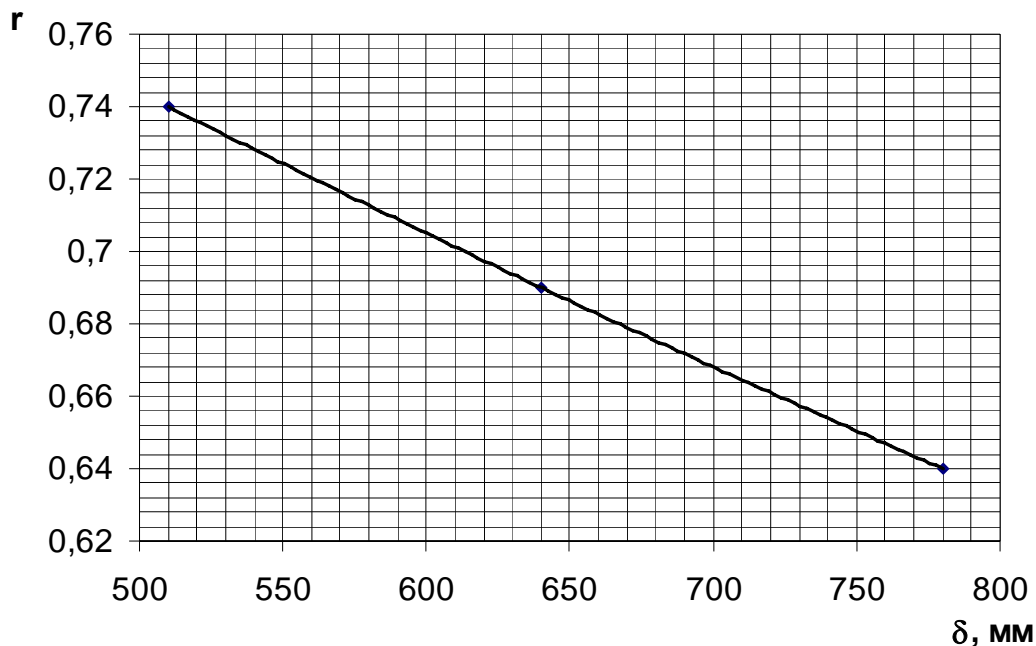


Рис. 3.4. Зависимость коэффициента теплотехнической однородности кирпичной стены от толщины

Приведенное сопротивление теплопередаче всей ограждающей конструкции составляет

$$R_o^{np} = \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,15}{0,044} + \frac{0,12}{0,64} + \frac{1}{23} \right) \cdot 0,68 = 2,887 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт.}$$

Полученное значение приведенного сопротивления теплопередаче всей ограждающей конструкции $R_o^{np} = 2,887 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ превышает нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче $R_{mp} = 2,5728 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

4. Коэффициент теплопередачи для наружной стены (зависимость (2.12))

$$K = \frac{1}{R_o^{np}} = \frac{1}{2,887} = 0,346 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

3.2. Расчет покрытий

В общественных зданиях рекомендуется применение бесчердачных (совмещенных) крыш. В случаях, когда в конструкции покрытия путем применения пароизоляции и других мероприятий исключается недопустимое влагонакопление в холодный период года, следует предусматривать невентилируемые покрытия. Вентилируемые покрытия надлежит предусматривать в тех случаях, когда конструктивные меры не обеспечивают нормального влажностного состояния конструкций.

В общем случае покрытие включает следующие конструктивные слои:

- несущая конструкция;
- пароизолирующий слой;
- теплоизолирующий слой;
- основание под гидроизоляцию;
- многослойный гидроизолирующий кровельный ковер.

Несущие конструкции совмещенных покрытий выполняются из сборных железобетонных плит (многopустотных толщиной 150, 220 мм или ребристых) или монолитного железобетона. Поверхности основания из сборных железобетонных плит или монолитного железобетона должны быть выровнены (затирка по железобетонному основанию – 10 – 15 мм), а стыки между плитами зачеканены цементно-песчаным раствором. Уклонообразующий слой выполняется из раствора или легкого бетона.

По плитам теплоизоляции выполняют цементно-песчаную стяжку толщиной не менее 30 мм или сборную стяжку из асбестоцементных плоских прессованных листов толщиной 10 мм.

Для устройства кровель без цементной стяжки в качестве теплоизоляционного слоя в покрытиях используются плиты комбинированной структуры, состоящие из жесткого верхнего (наружного) и более легкого нижнего (внутреннего) слоев. Благодаря этому плиты обладают уменьшенным весом.

Кровля (кровельный ковер) может быть выполнена многослойной из рулонных битумно-полимерных материалов, или однослойной из полимерных рулонных материалов.

Примеры конструкций покрытий приведены на рис. 3.5.

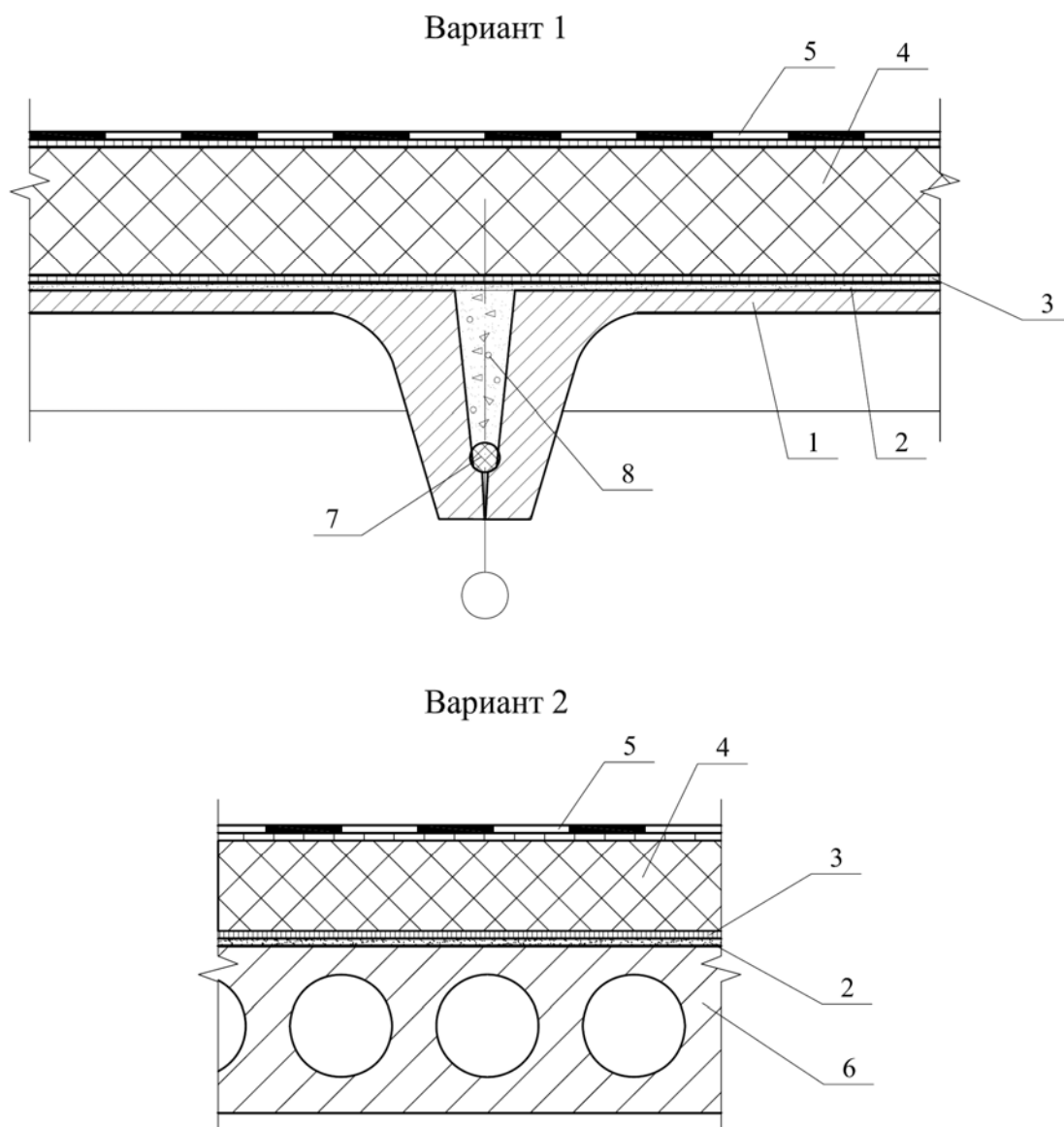


Рис. 3.5. Варианты конструкций покрытий здания

1 – железобетонная плита покрытия; 2 – выравнивающая затирка цементно-песчаным раствором толщиной 5-15 мм, грунтовка раствором битума в керосине, пароизоляция; 3 – точечная приклейка теплоизоляции битумом; 4 – теплоизоляция; 5 – кровельный ковер; 6 – многпустотная плита; 7 – уплотняющая прокладка; 8 – заделка стыка цементно-песчаным раствором

Пример 2.

Выполнить теплотехнический расчет совмещенного неветилируемого покрытия здания школы.

Конструкция слоев покрытия над учебными помещениями:

1 - монолитная железобетонная плита покрытия - $\delta_1 = 0,18$ м;

2 - выравнивающая затирка цементно-песчаным раствором - $\delta_2 = 0,005$ м;

3 - пароизоляция (пленка п/э);

4 - керамзитовый гравий плотностью 800 кг/м^3 с пропиткой цементно-песчаным раствором (по уклону 20 - 180 мм) - $\delta_3 = 0,1 \text{ м}$;

5 - разделительный слой (дополнительный слой пароизоляции);

6 - теплоизоляция:

- минераловатные плиты РУФБАТТС Н плотностью 115 кг/м^3 толщиной δ_4 , м;

- минераловатные плиты РУФБАТТС В плотностью 190 кг/м^3 - $\delta_5 = 0,04 \text{ м}$;

5 - кровельный ковер (гидроизоляция: изопласт П - $\delta_6 = 0,004 \text{ м}$; изопласт К - $\delta_7 = 0,004 \text{ м}$).

Примечания: 1. Ввиду малой величины при теплотехническом расчете можно не учитывать термическое сопротивление слоя пароизоляции;

2. В данной конструкции уклон кровли задается с помощью керамзитового гравия непосредственно по основанию. Поскольку керамзит является сыпучим материалом, сверху его проливают цементно-песчаным раствором для придания жесткости.

Необходимо определить толщину утепляющего слоя из минераловатных плит РУФБАТТС Н плотностью 115 кг/м^3 .

Решение.

1. Исходные данные для теплотехнического расчета:

- расчетная температура внутреннего воздуха здания для теплотехнического расчета ограждающих конструкций - $t_{\text{в}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ – минимальное значение оптимальной температуры для помещений категории 2 (табл. 2.2) равно $19 \text{ }^\circ\text{C}$, однако, согласно п. 5.2 СП 50.13330.2012 температура внутреннего воздуха для этой группы зданий принимается в интервале $20\text{-}22 \text{ }^\circ\text{C}$;

- расчетные показатели материалов покрытия приведены в табл. 3.3.

Остальные необходимые для расчета исходные данные приведены в примере расчета 1.

2. Определяются нормируемые (требуемые) значения сопротивления теплопередаче $R_{\text{тр}}$.

Санитарно-гигиенический показатель теплозащиты (требуемое значение сопротивления теплопередаче)

$$R_{\text{тр}} = \frac{n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\Delta t^{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}}} = \frac{1 \cdot [20 - (-26)]}{3,0 \cdot 8,7} = 1,762 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт},$$

Таблица 3.3

Расчетные показатели материалов покрытия

Но- мер слоя	Материал	Тол- щина слоя, м	Плотность материала в сухом со- стоянии, ρ_0 , кг/м ³	Тепло- провод- ность, λ_B , Вт/(м °С)	Источник данных
1	Железобетон	0,18	2500	2,04	Поз. 199 прилож. Т, табл. Т.1 [1]
2	Раствор цементно- песчаный	0,005	1800	0,93	Поз. 201 прилож. Т, табл. Т.1 [1]
3	Керамзитовый гравий с пропиткой цементно- песчаным раствором	0,1	800	0,35	Поз. 154 при- лож. Д, табл. Д.1 [8]
4	Минераловатные пли- ты РУФБАТТС Н (нижний слой)	-	115	0,045	Табл. 1 [11]
5	Минераловатные пли- ты РУФБАТТС В (верхний слой)	0,04	190	0,048	Табл. 1 [11]
6	Изопласт П	0,004	1400	0,27	Поз. 218 прилож. Т, табл. Т.1 [1]
7	Изопласт К	0,004	1400	0,27	Поз. 218 прилож. Т, табл. Т.1 [1]

где $n = 1$ - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху - табл. 2.6;

$\Delta t^H = 3,0$ °С – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции - табл. 2.7;

$\alpha_g = 8,7$ Вт/(м²·°С) - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции - табл. 2.8.

Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче конструкции ограждения рассчитывается по зависимости (2.1). Численные значения величин $a = 0,0005$ и $b = 2,2$ определяются по табл. 2.5.

Градусо-сутки отопительного периода

$$D = (t_e - t_{cp.o.n}) \cdot z_{o.n} = [20 - (-1,8)] \cdot 220 = 4796 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$$

Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче конструкции ограждения

$$R_{mp} = a \cdot D + b = 0,0005 \cdot 4796 + 2,2 = 4,598 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт.}$$

Для дальнейших расчетов принимается большее значение R_{mp} - нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче покрытия $R_{mp} = 4,598 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт.}$

3. Определяется толщина утепляющего слоя и приведенное сопротивление теплопередаче покрытия.

Приведенное сопротивление теплопередаче всей ограждающей конструкции приравнивается к нормируемому значению, откуда определяется ориентировочное значение толщины утепляющего слоя

$$\delta_4' = \left[\frac{R_{mp}}{r} - \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} + \frac{\delta_7}{\lambda_7} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \right] \cdot \lambda_4, \text{ м;}$$

$$\delta_4' = \left[\frac{4,598}{0,95} - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,18}{2,04} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,1}{0,35} + \frac{0,04}{0,048} + \frac{0,004}{0,27} + \frac{0,004}{0,27} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,045 =$$

$$= 0,155 \text{ м.}$$

В расчете коэффициент теплотехнической однородности теплоизоляционной конструкции принят равным 0,95 (учитывает возможность механического крепления плит и кровельного покрытия).

Минераловатные плиты «РУФБАТТС Н» имеют толщину от 50 до 180 мм с интервалом 10 мм, соответственно, принимается слой изоляции $\delta_4 = 0,16 \text{ м.}$ Приведенное сопротивление теплопередаче всей ограждающей конструкции составляет

$$R_o^{np} = \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,18}{2,04} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,1}{0,35} + \frac{0,16}{0,045} + \frac{0,04}{0,048} + \frac{0,04}{0,048} + \frac{0,004}{0,27} + \frac{0,004}{0,27} + \frac{1}{23} \right) \cdot 0,95 = 4,708 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт.}$$

4. Определяется коэффициент теплопередачи для покрытия

$$K = \frac{1}{R_o^{np}} = \frac{1}{4,708} = 0,212 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

В строительной практике применяют конструкции, в которых однородность материала нарушена в перпендикулярном и параллельном тепловому потоку направлениях. Примером конструкции такого типа может служить железобетонная многопустотная плита перекрытия. В этом случае предварительно выполняется расчет сопротивления теплопередаче такой плиты. Ниже приведен пример расчета термического сопротивления многопустотной плиты в соответствии с методикой [1].

Пример 3.

Выполнить расчет термического сопротивления железобетонной многопустотной плиты перекрытия толщиной 220 мм для г. Санкт-Петербурга. Конструкция панели представлена на рис. 3.6.

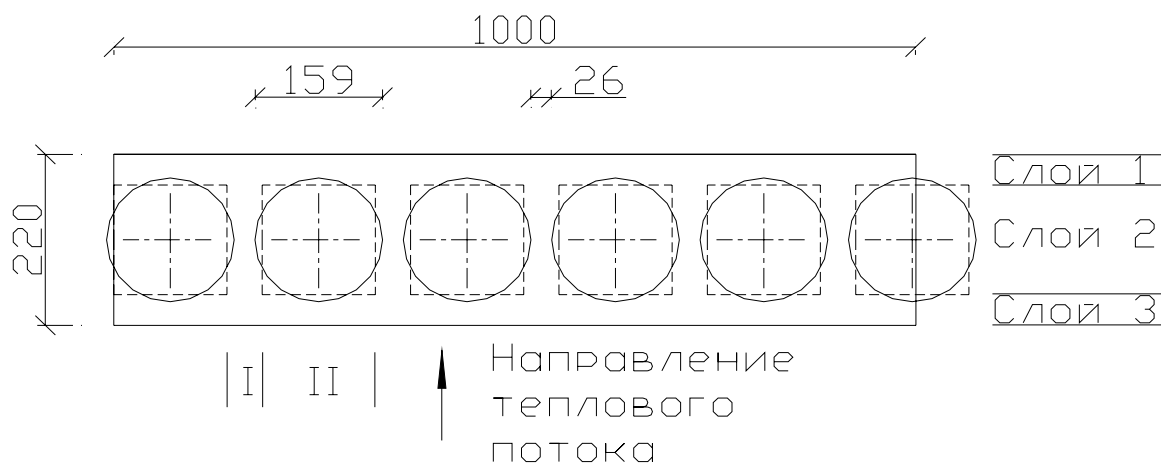


Рис. 3.6. Конструкция многопустотной железобетонной плиты перекрытия

Решение.

1. Расчет I.

Плита условно разрезается плоскостями, параллельными направлению теплового потока на различные в теплотехническом отношении участки I и II (рис. 3.6).

Участок I.

Круглые отверстия диаметром 159 мм заменяются эквивалентными им по площади квадратными отверстиями. Сторона эквивалентного квадрата

$$a = \sqrt{\frac{\pi \cdot 0,159^2}{4}} = 0,141 \text{ м.}$$

На 1 м ширины плиты приходится 5 круглых отверстий, диаметром 159 мм, что эквивалентно 5 квадратным отверстиям со стороной $a = 0,141$ м. Тогда общая длина участка I (без пустот) составляет

$$1 - 0,141 \cdot 5 = 0,295 \text{ м.}$$

Общая площадь F_I и, соответственно, термическое сопротивление R_I участков I при расчетной длине 1 м будут равны:

$$F_I = 0,295 \cdot 1 = 0,295 \text{ м}^2;$$

$$R_I = \frac{0,22}{2,04} = 0,108 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт.}$$

Участок II.

Эквивалентная толщина воздушных прослоек $a = 0,141$ м.

Термическое сопротивление воздушных прослоек этой толщины - $R_{в.п} = 0,15 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$ (табл. 2.9).

Термическое сопротивление стенок плиты на участке II

$$R_{см} = \frac{0,22 - 0,141}{2,04} = 0,039 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт.}$$

Общее термическое сопротивление стенок и пустот составляет

$$R_{II} = R_{в.п} + R_{см} = 0,15 + 0,039 = 0,189 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт.}$$

Общая площадь участков II при расчетной длине 1 м

$$F_{II} = 0,141 \cdot 5 \cdot 1 = 0,705 \text{ м}^2.$$

Среднее термическое сопротивление ограждения по зависимости [2]

$$R_{||} = \frac{\frac{F_I}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}}}{\frac{F_I}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}}} = \frac{\frac{0,295}{0,108} + \frac{0,705}{0,189}}{\frac{0,295}{0,108} + \frac{0,705}{0,189}} = \frac{1}{6,462} = 0,155 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт.}$$

2. Расчет II.

Плита условно разрезается плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, на три слоя, из которых слой 1 и слой 3 одинаковы по толщине и материалу, а слой 2 представляет собой воздушную прослойку (пустоту) с бетонными перемычками (рис. 3.6).

Общая условная толщина слоя 1 и слоя 3

$$\delta_{1,3} = 0,22 - 0,141 = 0,079 \text{ м.}$$

Термическое сопротивление этих слоев будет равно

$$R_1 + R_3 = \frac{0,079}{2,04} = 0,039 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт.}$$

Для слоя 2, в котором нарушена однородность материала, определяется средний коэффициент теплопроводности $\lambda_{cp.2}$

$$\lambda_{cp.2} = \frac{\lambda_1 \cdot F_1 + \lambda_2 \cdot F_2}{F_1 + F_2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

где λ_1, λ_2 - коэффициенты теплопроводности отдельных материалов слоя, Вт/м;

F_1, F_2 - площади, занимаемые отдельными материалами на поверхности слоя, м².

Для пустот λ считается равным эквивалентному коэффициенту теплопроводности воздуха $\lambda_{\text{в}}$, который определяется по зависимости

$$\lambda_{\text{в}} = \frac{\delta_{\text{в.н}}}{R_{\text{в.н}}} = \frac{0,141}{0,15} = 0,94 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

Тогда средний коэффициент теплопроводности слоя 2

$$\lambda_{cp.2} = \frac{0,94 \cdot 0,705 + 2,04 \cdot 0,295}{1} = 1,265 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)},$$

а, термическое сопротивление

$$R_2 = \frac{0,141}{1,265} = 0,111 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

Термическое сопротивление всех трех слоев будет равно

$$R_{\perp} = 0,039 + 0,111 = 0,15 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

По расчету величина R_{\parallel} выше R_{\perp} на 3,2% (допустимое превышение по [1] составляет 25%).

Определяется действительная величина термического сопротивления железобетонной плиты по формуле [1]

$$R = \frac{R_{\parallel} + 2R_{\perp}}{3} = \frac{0,155 + 2 \cdot 0,15}{3} = 0,152 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

3.3. Расчет полов на грунте и стен ниже уровня земли

Полы на грунте в помещениях с нормируемой температурой внутреннего воздуха, расположенных выше отмостки здания или ниже ее не более, чем на 0,5 м, должны быть утеплены в зоне примыкания пола к наружным стенам или стенам, отделяющим отапливаемые помещения от неотапливаемых на ширину 0,8 м путем укладки по грунту слоя плит теплоизоляционного материала. Толщина теплоизоляции определяется из условия обеспечения термического сопротив-

ления этого слоя утеплителя не менее термического сопротивления наружной стены.

Полы на лагах с тепло- звукоизоляционным слоем из минераловатных плит или другого теплоизоляционного материала выполняются по подстилающему бетонному слою (в полах на грунте) или по железобетонному перекрытию. В полах на грунте лаги опираются на кирпичные или бетонные столбики, установленные на бетонный подстилающий слой.

Показатель теплоусвоения полов жилых и общественных зданий не должен превышать значений, приведенных в табл. 13 [1]. В противном случае предусматривается устройство слоя дополнительной теплоизоляции из плит.

Показатель теплоусвоения поверхности пола не нормируется для помещений общественных зданий, эксплуатация которых не связана с постоянным пребыванием в них людей (залов музеев и выставок, в фойе театров, кинотеатров и т.п.).

В полах на грунте плиты теплоизоляционного материала укладываются на слой гидроизоляции, выполненный из рулонного битумного или битумно-полимерного материала.

В полах по железобетонному перекрытию минераловатные плиты укладываются на предварительно выровненную поверхность перекрытия, а при необходимости на слой пароизоляции.

По минераловатным плитам предусматривается монолитная или сборная стяжка из спаренных гипсоволокнистых листов, по которой выполняется покрытие пола. Монолитная стяжка выполняется на основе цементного или гипсового вяжущего и должна быть толщиной не менее 40 мм.

Сопротивление теплопередаче полов на грунте следует определять:

а) для неутепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с коэффициентом теплопроводности $\lambda \geq 1,2$ Вт/(м·°С) - по зонам шириной 2 м, параллельным наружным стенам, принимая $R_{н.н}$, равным:

$$R_{н.н} = 2,1 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт} - \text{для I зоны};$$

$$R_{н.н} = 4,3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт} - \text{для II зоны};$$

$$R_{н.н} = 8,6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт} - \text{для III зоны};$$

$$R_{н.н} = 14,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт} - \text{для IV зоны};$$

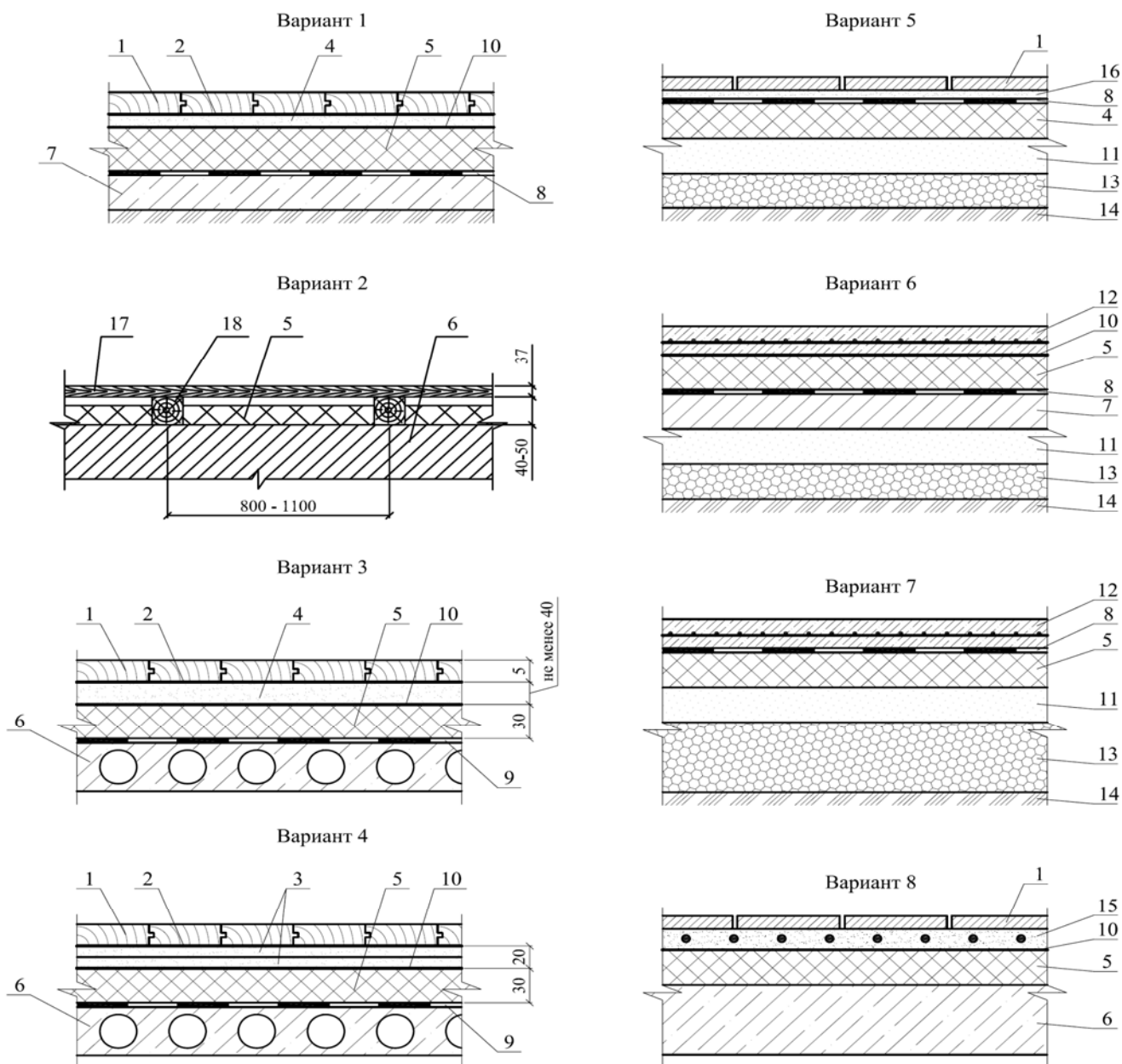


Рис. 3.7. Конструкции полов

1 - покрытие пола; 2 - клеевой слой; 3 - монолитная стяжка из раствора на основе цемента или гипса; 4 - цементно-песчаная стяжка; 5 - теплоизоляция; 6 - перекрытие; 7 - бетонный подстилающий слой; 8 - гидроизоляция; 9 - пароизоляция; 10 - полиэтиленовая пленка; 11 - подстилающий слой из песка; 12 - покрытие пола из железобетона; 13 - утрамбованный щебень; 14 - грунт; 15 - система обогрева; 16 - армированная цементно-песчаная стяжка; 17 - дощатое покрытие пола; 18 - лага

б) для утепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с коэффициентом теплопроводности утепляющего слоя $\lambda_{y.c} < 1,2$ Вт/(м·°С) толщиной $\delta_{y.c}$, м:

$$R_{y.n} = R_{n.n} + \sum_{i=1}^n \delta_{y.c.i} / \lambda_{y.c.i}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}; \quad (3.1)$$

в) для полов на лагах

$$R_{n.l} = 1,18 \cdot (R_{n.n} + \sum_{i=1}^n \delta_{y.c.i} / \lambda_{y.c.i}), \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}. \quad (3.2)$$

В качестве утепляющего слоя пола на лагах следует учитывать воздушную прослойку, настил по лагам и слой теплоизоляции (при его наличии).

Пример 4.

Определить показатель теплоусвоения поверхности пола подвала административного здания, расположенного в г. Санкт-Петербурге. Конструкция пола приведена на рис. 3.8.

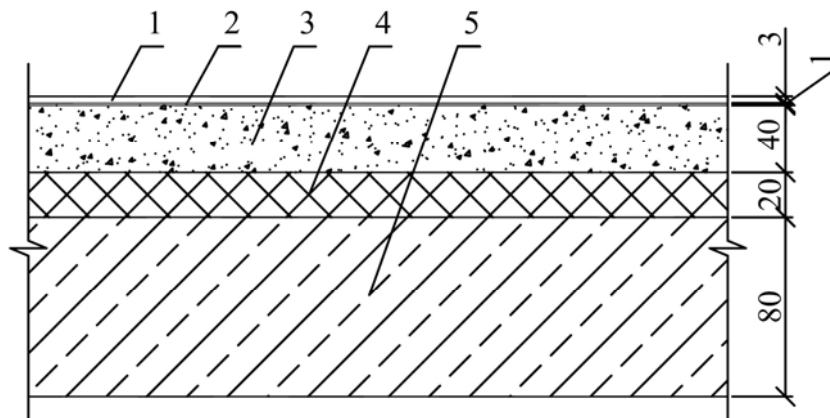


Рис. 3.8. Конструкция пола

Решение.

1. Исходные данные.

Основные исходные данные для теплотехнического расчета пола приведены в примере расчета 1. Расчетные показатели материалов пола указаны в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Расчетные показатели материалов пола

Но- мер слоя (рис. 3.6)	Материал	Тол- щина слоя, м	Плотность материала в сухом состоя- нии, ρ_0 , кг/м ³	Коэффициенты при ус- ловиях эксплуатации Б		Источник данных
				Теплопро- водность, λ_B , Вт/(м °С)	Теплоус- воения, s , Вт/м ² °С	
1	Линолеум по- ливинилхло- ридный на те- плоизоли- рующей под- основе (ГОСТ 18108)	0,003	1600	0,33	7,52	
2	Битумы неф- тяные строи- тельные (ГОСТ 6617)	0,001	1000	0,17	4,56	
3	Керамзитобе- тон на кварце- вом песке с поризацией	0,04	1200	0,58	7,72	
4*	Экструзион- ный пенопо- листирол «Пеноплэкс», тип 35	0,023	35	0,03	0,37	
5	Бетон на гра- вии или щебне из природного камня	0,08	2400	1,86	17,88	

Примечание: Дополнительный слой утеплителя, предусмотренный по результа-
там расчета.

2. Устанавливается необходимость дополнительного утепления
пола.

Тепловая инерция каждого слоя конструкции пола (зависимость
53 [8]):

$$D_1 = R_1 \cdot s_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} \cdot s_1 = \frac{0,003}{0,33} \cdot 7,52 = 0,009 \cdot 7,52 = 0,068;$$

$$D_2 = R_2 \cdot s_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} \cdot s_2 = \frac{0,001}{0,17} \cdot 4,56 = 0,006 \cdot 4,56 = 0,027;$$

$$D_3 = R_3 \cdot s_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} \cdot s_3 = \frac{0,04}{0,58} \cdot 7,72 = 0,069 \cdot 7,72 = 0,533;$$

Так как суммарная тепловая инерция первых двух слоев

$$D_1 + D_2 = 0,068 + 0,027 = 0,095 < 0,5,$$

а суммарная тепловая инерция трех слоев

$$D_1 + D_2 + D_3 = 0,095 + 0,533 = 0,628 > 0,5,$$

то показатель теплоусвоения пола Y_n следует определять последовательно расчетом показателей теплоусвоения поверхностей слоев конструкции, начиная со второго слоя:

$$Y_2 = \frac{2 \cdot R_2 \cdot s_2^2 + S_3}{0,5 + R_2 \cdot s_3} = \frac{2 \cdot 0,006 \cdot 4,56^2 + 7,72}{0,5 + 0,006 \cdot 7,72} = 14,6;$$

$$Y_1 = \frac{4 \cdot R_1 \cdot s_1^2 + Y_2}{1 + R_1 \cdot Y_2} = \frac{4 \cdot 0,009 \cdot 7,52^2 + 14,6}{1 + 0,009 \cdot 14,6} = 14,5.$$

Показатель теплоусвоения пола $Y_n = Y_1 = 14,5$ превышает нормируемое значение показателя $Y_n^{норм} = 14$ для административных зданий, поэтому в конструкцию пола вводится дополнительный слой из плит «Пеноплэкс» (тип 35) толщиной 23 мм.

3. Определяется расчетный показатель теплоусвоения поверхности пола:

$$Y_3 = \frac{2 \cdot R_3 \cdot s_3^2 + S_4}{0,5 + R_3 \cdot s_4} = \frac{2 \cdot 0,069 \cdot 7,72^2 + 0,37}{0,5 + 0,069 \cdot 0,37} = 16,4;$$

$$Y_2 = \frac{4 \cdot R_2 \cdot s_2^2 + Y_3}{1 + R_2 \cdot Y_3} = \frac{4 \cdot 0,006 \cdot 4,56^2 + 16,4}{1 + 0,006 \cdot 16,4} = 8,5;$$

$$Y_1 = \frac{4 \cdot R_1 \cdot s_1^2 + Y_2}{1 + R_1 \cdot Y_2} = \frac{4 \cdot 0,009 \cdot 7,52^2 + 8,5}{1 + 0,009 \cdot 8,5} = 9,8;$$

$$Y_n = Y_1 = 9,8.$$

Таким образом, выбранная конструкция отвечает требованиям СНиП [1] по показателю теплоусвоения поверхности пола для административных зданий.

3.4. Расчет стены подвала, расположенной выше уровня земли

Стены подвала имеют несущую часть, выполненную из кирпича или камней или из бетонных блоков с отделочным штукатурным слоем толщиной 20 мм со стороны помещения.

Теплоизоляция стен подвалов необходима при размещении в подвалах служебно-вспомогательных помещений, складов и т.п. В результате достигается снижение затрат на отопление, исключается возможность образования конденсата на стенах, повышается комфортность и улучшаются условия работы конструкций.

Нормируемое сопротивление теплопередаче стен подвала над уровнем земли принимается равным сопротивлению теплопередаче наружных стен здания, которое определяется по табл. 2.5 (табл. 3 [1]) в зависимости от значения градусо-суток отопительного периода или рассчитывается аналогично наружной стене.

3.5. Расчет ограждающих конструкций технических подвалов

Технические подвалы (техподполья) - это подвалы при наличии в них нижней разводки труб систем отопления, горячего водоснабжения, а также труб систем водоснабжения и канализации.

Нормируемое сопротивление теплопередаче части цокольной стены, расположенной выше уровня грунта, определяется согласно [1] для наружных стен в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства. При этом в качестве расчетной температуры внутреннего воздуха принимается расчетная температуру воздуха в техподполье, равная не менее плюс 2 °C ($t_x = 2$ °C) при расчетных условиях.

Для утепленных полов на грунте в случае, когда материалы пола и стены имеют расчетные коэффициенты теплопроводности $\lambda < 1,2$ Вт/(м·°C), приведенное сопротивление теплопередаче определяется по разделу 3.3.

Нормируемое (требуемое) приведенное сопротивление теплопередаче перекрытия над техподпольем $R_{mp}^{n.m}$ определяется по зависимости

$$R_{mp}^{n.m} = n \cdot R_{mp}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, \quad (3.3)$$

где R_{mp} - нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытий над неотапливаемыми подпольями и подвалами, определяемое в зависимости от числа градусо-суток отопительного периода климатического района строительства (табл. 2.5 или зависимость (2.1)), м²·°C/Вт;

n - коэффициент, определяемый по зависимости

$$n = \frac{t_e - t_x}{t_e - t_n}. \quad (3.4)$$

здесь t_e - расчетная температура воздуха в помещении над техподпольем, °C; t_n - расчетная зимняя температура наружного воздуха, °C, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (табл. 3.1 [3]); $t_x = 2$ °C - расчетная температуру воздуха в техподполье при расчетных условиях.

Температура воздуха в техподполье определяется из уравнения теплового баланса по зависимости (41) [8]. При этом кроме тепловых потерь и теплопоступлений через ограждающие конструкции техподполья учитываются теплопоступления от трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения, расположенных в техподполье, и тепловой поток на нагревание вентиляционного воздуха.

Нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытия над техподпольем $R_{mp}^{n.m}$ должно быть не менее санитарно-гигиенического показателя теплозащиты (требуемого значение сопротивления теплопередаче R_{mp} для перекрытий над подвалами), определяемого по за-

висимости (2.3) при нормируемом температурном перепаде для пола первого этажа.

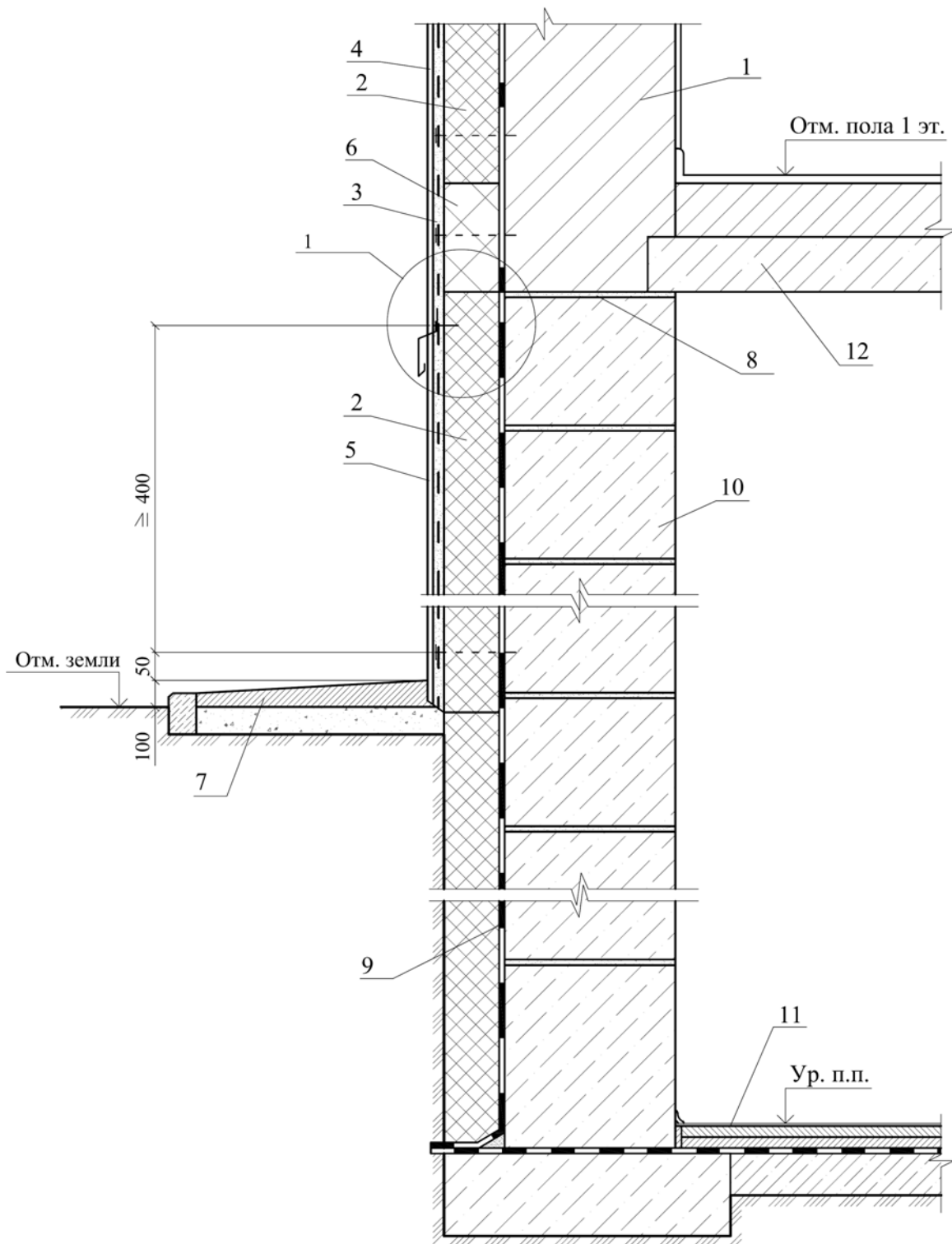


Рис. 3.9. Стена подвала с теплоизоляцией плитами из экструзионного пенополистирола с наружной стороны

1 – стена (несущая часть); 2 – теплоизоляция из экструзионных пенополистирольных плит «Пеноплэкс»; 3 – сварная оцинкованная металлическая сетка 20х20; 4 – наружная штукатурка; 5 – плитка облицовочная глазурованная; 6 – рассечка из минераловатных плит марки 150; 7 – отмостка; 8 – гидроизоляция -цементно-песчаный раствор; 9 – гидроизоляция; 10 – стена подвала; 11 – пол подвала; 12 – перекрытие подвала

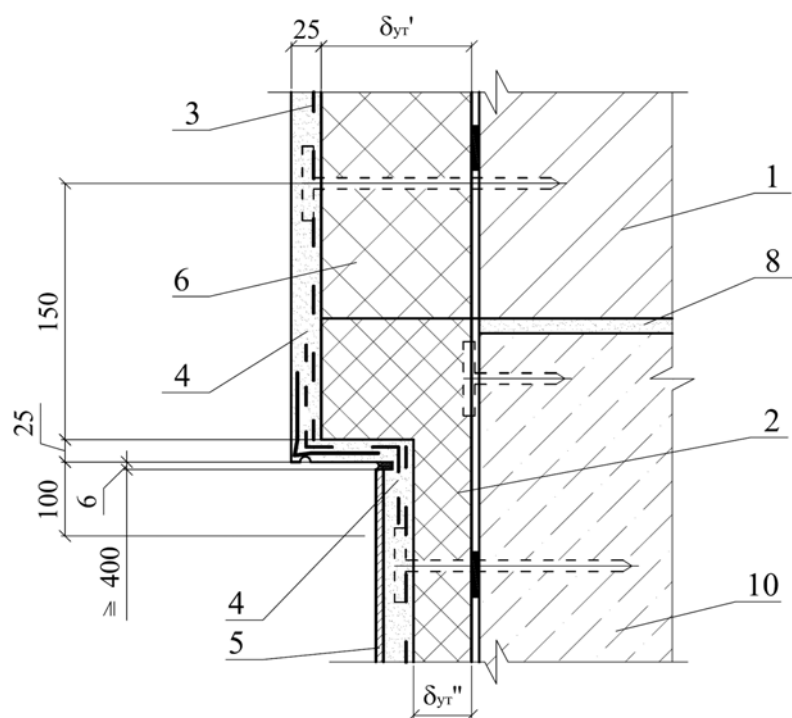
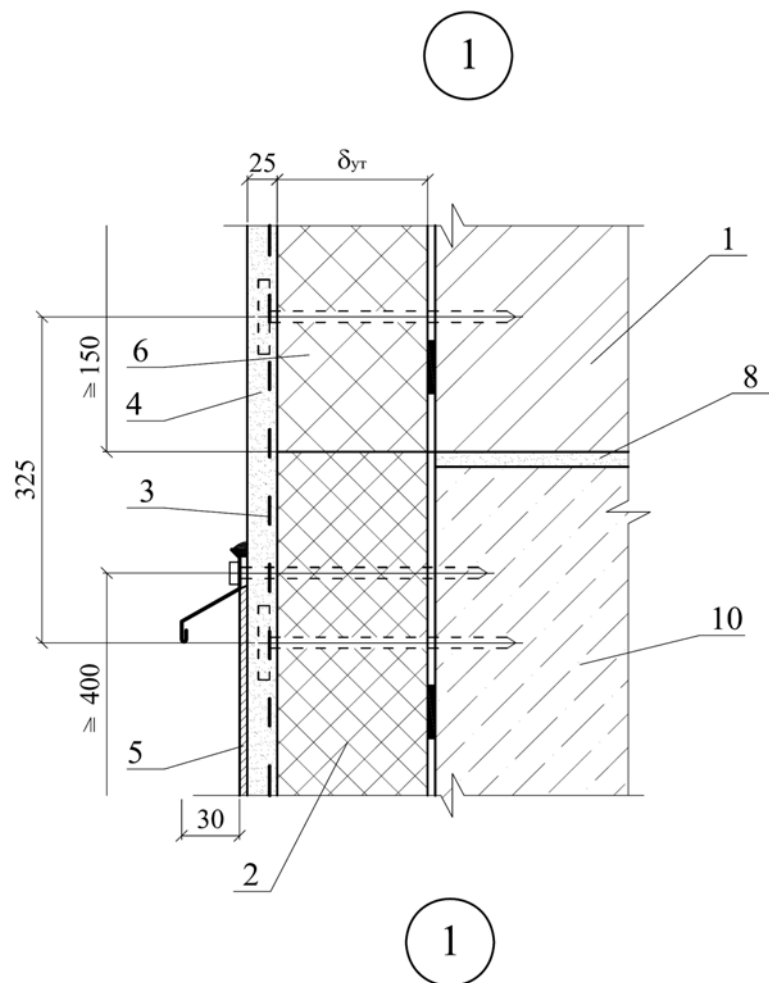


Рис. 3.10. Варианты выполнения узла 1 (рис. 3.9)
Обозначения соответствуют рис. 3.9

3.6. Расчет светопрозрачных ограждающих конструкций

Нормируемое сопротивление теплопередаче светопрозрачных конструкций следует определять по табл. 3 [1] или по зависимости (2)

$$R_{тр.ок} = a_{ок} \cdot D + b_{ок}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

где $a_{ок}$ и $b_{ок}$ - величины, определяемые по табл. 8 для окон.

Заполнение световых проемов зданий выполняется в зависимости от градусо-суток отопительного периода в виде двухслойного, трехслойного или четырехслойного остекления (стеклопакетов или отдельных стекол), закрепляемого в переплетах из малотеплопроводных материалов.

Выбор светопрозрачной конструкции осуществляется по значению нормируемого приведенного сопротивления теплопередаче (табл. 3.13). Если приведенное сопротивление теплопередаче выбранной светопрозрачной конструкции ($R_{ок}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$), больше или равно нормируемому, то эта конструкция удовлетворяет требованиям норм.

Коэффициент теплопередачи окон

$$K_{ок} = \frac{1}{R_{ок}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Оконные блоки и балконные двери (ГОСТ 23166, ГОСТ 24700, ГОСТ 30674) следует размещать в оконном проеме на глубину обрамляющей «четверти» (50-120 мм) от плоскости фасада теплотехнически однородной стены или посередине теплоизоляционного слоя в многослойных конструкциях стен. При выборе окон и балконных дверей следует отдавать предпочтение конструкциям, имеющим по ширине не менее 90 мм коробки. Рекомендуемая ширина коробки 100-120 мм.

Суммарная площадь окон общественных зданий должна быть не более 25% суммарной площади светопрозрачных и непрозрачных ограждающих конструкций, если приведенное сопротивление теплопередаче окон меньше: 0,51 $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ при градусо-сутках 3500 и ниже; 0,56 $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ – при градусо-сутках выше 3500 до 5200; 0,65 $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ – при градусо-сутках выше 5200 до 7000 и 0,81 $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ – при градусо-сутках выше 7000. При определении этого соотношения в суммарную площадь непрозрачных конструкций следует включать все продольные и торцевые стены.

Таблица 3.13

Уровни теплозащиты окон в деревянных и пластмассовых переплетах

Заполнения светопроемов	Сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, по типам окон		
	из обычного стекла	с твердым се- лективным покрытием	с мягким се- лективным покрытием
Однокамерный стеклопакет в одинарном переплете	0,38	0,51	0,56
Двойное остекление в спарен- ных переплетах	0,4	0,55	-
Двойное остекление в раз- дельных переплетах	0,44	0,57	-
Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете с меж- стекольным расстоянием:			
8 мм	0,51	-	-
12 мм	0,54	0,58	0,68
Тройное остекление в раз- дельно-спаренных переплетах	0,55	0,60	-
Стекло и однокамерный стек- лопакет в раздельных перепле- тах	0,56	0,65	0,72
Стекло и двухкамерный стек- лопакет в раздельных перепле- тах	0,68	0,74	0,81
Два однокамерных стеклопа- кета в спаренных переплетах	0,7	-	-
Два однокамерных стеклопа- кета в раздельных переплетах	0,74	-	-
Четыре стекла в двух спарен- ных переплетах	0,8	-	-

Примечания: 1. В числителе (перед чертой) - значения приведенного сопротивления теплопередаче, в знаменателе (за чертой) - предельное значение градусо-суток отопительного периода, при котором применимо заполнение светопроема.

2. Значения приведенного сопротивления теплопередаче даны для случаев, когда отношение площади остекления к площади заполнения светового проема равно 0,75. При использовании светопрозрачных конструкций с другими значениями отношений площадей следует корректировать табличное значение следующим образом: для конструкций с деревянными или пластмассовыми переплетами при каждом увеличении на величину 0,1 следует уменьшать значение на 5% и наоборот - при каждом уменьшении на величину 0,1 следует увеличить значение на 5%.

3.7. Расчет входных дверей

Приведенное сопротивление теплопередаче входных дверей должно быть не менее произведения

$$R_{\partial в} = 0,6 \cdot R_{mp}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \quad (3.14)$$

где R_{mp} - требуемое значение сопротивления теплопередаче по санитарно-гигиеническому показателю теплозащиты, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

$$R_{\partial в} = 0,6 \cdot \frac{n \cdot (t_{\partial} - t_{н})}{\Delta t^H \cdot \alpha_{\partial}}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Коэффициент теплопередачи наружных дверей

$$K_{\partial в} = \frac{1}{R_{\partial в}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

3.8. Расчет внутренних стен

Определение нормируемого сопротивления теплопередаче внутренних ограждающих конструкций производится при разности температур воздуха между помещениями 6°C и выше по зависимости

$$R_{mp} = \frac{t_{\partial} - t_x}{\Delta t^H \cdot \alpha_{\partial}}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \quad (3.15)$$

где t_x - расчетная температура воздуха более холодного помещения, $^\circ\text{C}$.

Сопротивление теплопередаче однородного однослойного или многослойного внутреннего ограждения с однородными слоями без теплопроводных включений

$$R_o = R_{\partial} + R_k + R_{\partial}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \quad (3.1)$$

где R_{∂} - термическое сопротивление внутренней поверхности наружного ограждения, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

R_k - термическое сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Термическое сопротивление внутренней поверхности ограждения

$$R_{\partial} = \frac{1}{\alpha_{\partial}}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

где α_e - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C), принимаемый по табл. 3.5 (табл. 4 [1]).

Пример 6.

Определить термическое сопротивление внутренней перегородки в административном здании. Конструкция перегородки приведена на рис. 3.5. Расчетная разность температур воздуха между внутренними помещениями $t_e - t_x$ составляет 8 °C.

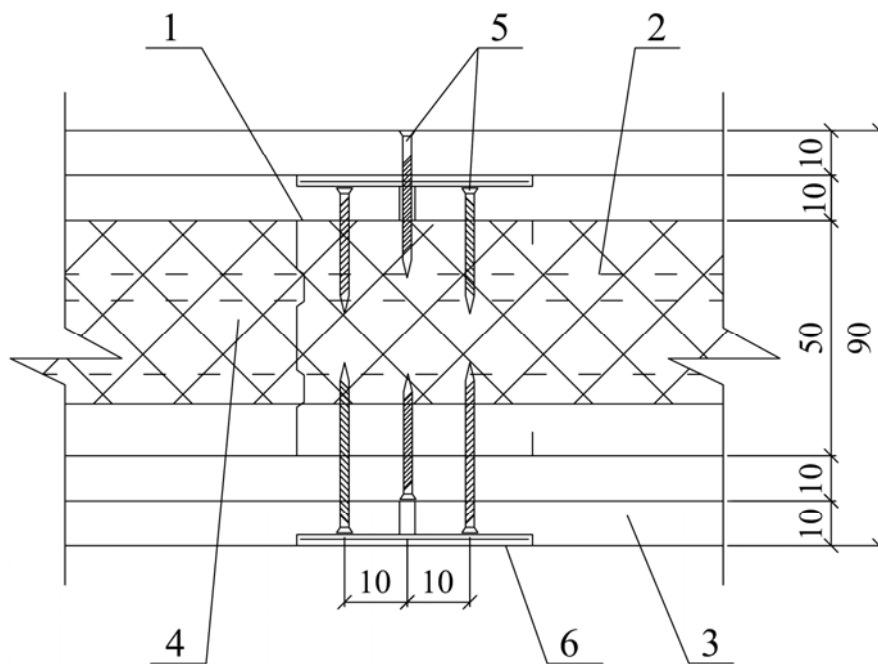


Рис. 3.7. Конструкция внутренней перегородки

1 – стальной стоечный профилированный каркас ПС; 2 – стальной направляющий профилированный каркас ПН; 3 – гипсокартонный лист; 4 – звукоизоляция из минераловатных плит АКУСТИК БАТТС (ТУ-5762-014-4575203-05) плотностью 40 кг/м³ толщиной 50 мм; 5 – самонарезающий винт; 6 – шпаклевка по армирующей ленте

Решение.

1. Нормируемое сопротивление теплопередаче внутренней перегородки

$$R_{mp} = \frac{t_e - t_x}{\Delta t^H \cdot \alpha_e} = \frac{8}{4,5 \cdot 8,7} = 0,204 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

где Δt^H – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по табл. 3.4 (табл. 5 [1]);

2. Сопротивление теплопередаче однородного однослойного или многослойного внутреннего ограждения с однородными слоями без теплопроводных включений

$$R_o = R_{\text{в}} + R_{\text{к}} + R_{\text{в}} = \frac{1}{8,7} + 1,3268 + \frac{1}{8,7} = 1,557 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

где $R_{\text{в}}$ - термическое сопротивление внутренней поверхности наружного ограждения, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{\text{к}}$ - термическое сопротивление ограждающей конструкции (табл. 3.14), $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Термическое сопротивление внутренней поверхности наружного ограждения

$$R_{\text{в}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

где $\alpha_{\text{в}}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый по табл. 3.5 (табл. 4 [1]).

Таблица 3.14

Расчет термического сопротивления конструкции внутренней перегородки

№ п/п	Материал	Толщина слоя, м	Плотность материала в сухом состоянии, ρ_0 , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации λ , Вт/(м·°C)	Термическое сопротивление, R , (м ² ·°C)/Вт
1	Гипсокартонный лист	0,02	800	0,21	0,0952
2	Минераловатные плиты АКУСТИК БАТТС (ТУ-5762-014-4575203-05)	0,05	40	0,044	1,1364
3	Гипсокартонный лист	0,02	800	0,21	0,0952
	Итого:				1,3268

4. Расчет теплопотерь

4.1. Методика расчета

Расчётные потери теплоты, возмещаемые отоплением, определяются из уравнения теплового баланса. Тепловой баланс здания в целом и каждого отапливаемого помещения находится из уравнения:

$$Q_{т.п} = \Sigma Q_{огр} + Q_u - Q_{быт}, \text{ Вт}, \quad (4.1)$$

где $Q_{т.п}$ - тепловые потери помещения, возмещаемые системой отопления, Вт;

$Q_{огр}$ - тепловые потери через каждое теплоотражающее ограждение помещения, Вт;

Q_u - тепловой поток на нагревание наружного воздуха в объёме инфильтрации или санитарной нормы, Вт;

$Q_{быт}$ - бытовые тепловыделения в помещении, Вт.

Потери теплоты через ограждающие конструкции помещений определяются как сумма основных и добавочных потерь теплоты

$$Q_{огр} = Q_{осн} + Q_{доб}, \text{ Вт}; \quad (4.2)$$

$$Q_{осн} = K \cdot A \cdot (t_{в} - t_{н}) \cdot n, \text{ Вт}, \quad (4.3)$$

$$Q_{доб} = Q_{осн} \cdot \Sigma \beta, \text{ Вт}; \quad (4.4)$$

или

$$Q_{огр} = K \cdot A \cdot (t_{в} - t_{н}) \cdot n \cdot (1 + \Sigma \beta), \text{ Вт}, \quad (4.5)$$

где $Q_{осн}$ - основные потери теплоты за счет теплопередачи (трансмиссионные теплопотери), Вт;

$Q_{доб}$ - добавочные потери теплоты, принимаемые в долях от основных, Вт;

K - коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/(м² °С);

A - расчётная площадь ограждающей конструкции, м²;

$t_{в}$ - расчётная температура воздуха в помещении, °С;

$t_{н}$ - расчётная температура наружного воздуха для холодного периода года, °С;

n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности по отношению к наружному воздуху;

β - добавочные потери теплоты в долях от основных потерь.

Для проектирования систем отопления и расчета тепловых потерь принимаются параметры наружного воздуха Б для холодного периода года. В качестве расчетной температуры наружного воздуха для холодного периода года по параметрам Б принимается средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (табл. 3.1 [3]).

Тепловой поток на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха $Q_{и}$ определяется по методике, приведенной в разделе 4.2.

Бытовые тепловыделения в помещении $Q_{быт}$ - тепловой поток, регулярно поступающий от электрических приборов освещения, технологического оборудования, трубопроводов, людей и других источников, за исключением системы отопления.

В жилых помещениях к бытовым условно относятся тепловыделения от электробытовых и осветительных приборов, кухонных плит, разводки трубопроводов горячего водоснабжения и непосредственно потребляемой горячей воды, людей, находящихся в помещении. Тепловой поток, поступающий в жилые комнаты и кухни жилых зданий, следует принимать не менее 10 Вт на 1 м² пола.

В курсовой работе бытовые тепловыделения в помещениях общественного здания не учитываются ($Q_{быт} = 0$ Вт).

Добавочные потери теплоты β через ограждающие конструкции учитывают:

- ориентацию ограждения;
- наличие двух и более наружных стен;
- наличие необогреваемых полов первого этажа над холодными подпольями зданий в местностях с расчетной температурой наружного воздуха минус 40 °С и ниже (параметры Б);
- наличие наружных дверей и ворот, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами.

Добавка на ориентацию ограждения по сторонам света принимается для наружных вертикальных и наклонных (вертикальная проекция) стен, дверей и окон:

- обращенных на север, восток, северо-восток и северо-запад – в размере 0,1;
- обращенных на юго-восток и запад – в размере 0,05.

В угловых помещениях (при наличии двух и более наружных стен) принимается дополнительная добавка для наружных вертикальных и наклонных (вертикальная проекция) стен, дверей и окон:

- если одно из ограждений помещения обращено на север, восток, северо-восток и северо-запад – в размере 0,05 на каждую стену дверь и окно;

- если ограждения ориентированы на юго-восток и запад – в размере 0,05.

Для необогреваемых полов первого этажа над холодными подпольями зданий в местностях с расчетной температурой наружного воздуха минус 40 °С и ниже (параметры Б) принимается добавка в размере 0,05.

Добавочные потери теплоты для наружных дверей, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами, принимаются в размере:

- $0,2 \cdot H$ - для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;
- $0,27 \cdot H$ - для двойных дверей с тамбуром между ними;
- $0,34 \cdot H$ - для двойных дверей без тамбура;
- $0,22 \cdot H$ - для одинарных дверей,

где H - расстояние от средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья вытяжной шахты, м.

Добавочные потери теплоты для наружных ворот, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами, принимаются в размере 3 при отсутствии тамбура и в размере 1 – наличии тамбура у ворот.

Для летних и запасных наружных дверей и ворот добавочные потери теплоты «на наличие наружных дверей и ворот, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами» не учитываются.

Ранее нормами предусматривалась добавка, учитывающая увеличение теплопотерь в верхней части помещения высотой более 4 м. В настоящее время эта добавка не нормируется. Возможно учесть повышение температуры в верхней зоне высоких помещений для наружных стен, фонарей и покрытий при специальном расчете распределения температуры внутреннего воздуха по высоте помещения и деления площади наружных ограждений по зонам.

В случаях, не предусмотренных нормами, при расчете теплопотерь через ограждения, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, рассчитывается из уравнения теплового баланса температура воздуха в неотапливаемом помещении (t_x , °С)

$$t = \frac{\Sigma(k \cdot A \cdot t)_e + \Sigma(k \cdot A \cdot t)_m + \Sigma(k \cdot A)_n \cdot t_n + 0,278 \cdot G_u \cdot c \cdot k \cdot t_n}{\Sigma(k \cdot A)_e + \Sigma(k \cdot A)_m + \Sigma(k \cdot A)_n + 0,278 \cdot G_u \cdot c \cdot k}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (4.6)$$

где $(k \cdot A)_e, (k \cdot A)_m, (k \cdot A)_n$ - произведение коэффициента теплопередачи на площадь, соответственно, внутреннего ограждения, теплопровода или наружного ограждения для неотапливаемого помещения, в котором рассчитывается температура t_x , Вт/ $^\circ\text{C}$;

t_e, t_n - соответственно, расчетная температура внутреннего и наружного воздуха, $^\circ\text{C}$;

t_m - расчетная температура поверхности теплопровода, $^\circ\text{C}$;

G_u - расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч;

c - удельная теплоёмкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг $^\circ\text{C}$);

k - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях (см. раздел 4.2).

Вместо произведения $(t_e - t_n) \cdot n$ в зависимость (4.5) подставляется разность температур $(t_e - t_x)$. Это относится, например, к перекрытиям над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями, в которых размещены теплопроводы, или к случаю, когда наружные стены этих помещений выступают более чем на 1 м над поверхностью земли.

Тепловые потери через внутренние ограждающие конструкции помещений допускается не учитывать, если разность температур в этих помещениях равна 3 $^\circ\text{C}$ и менее. Рассчитанные теплотери в прилегающие помещения вычитаются из теплотерь этих помещений (если они отапливаются), как теплотоступления.

Теплотери неотапливаемых помещений (таких, где не устанавливаются отопительные приборы), имеющие небольшую величину, прибавляют к теплотериям ближайших отапливаемых помещений. К неотапливаемым помещениям относят помещения первого и последнего этажа, не имеющие наружных стен и теряющие теплоту через пол или потолок. Например, в жилых зданиях теплотери коридоров, туалетов и ванных прибавляются к теплотериям ближайших отапливаемых помещений квартиры.

Теплотери лестничной клетки определяются как для одного помещения, без деления по этажам.

Расчет теплотерь сводится в табл. 4.1, которая заполняется в соответствии со следующими рекомендациями.

Таблица 4.1

Расчет теплотерь помещений

[illegible]

Графа 1. Поэтажно нумеруются все помещения здания. Обычно их нумеруют по ходу часовой стрелки, начиная с левого верхнего помещения на плане здания. Помещения отапливаемого подвала – номера 001, 002 и т.д.; первого этажа – 101, 102 и т.д., 2 этажа – 201, 202 и т.д. Лестничные клетки обозначаются заглавными буквами – А, Б и т.д.

Номера помещений проставляются на планах в кружках диаметром 7-8 мм в месте, свободном от других обозначений.

Внутренние вспомогательные помещения, такие как коридоры, кладовые, туалетные комнаты и другие, не имеющие наружных ограждений можно не нумеровать. Теплотери этих помещений (через покрытия, перекрытия, полы на грунте и т.д.) следует пропорционально относить к смежным с ними помещениям, имеющим наружные ограждения.

Графа 2. Указывается расчетная температура внутреннего воздуха t_e , принимаемая в зависимости от категории помещений (см. раздел 3.1.1). В холодный период года в рабочей зоне общественных помещений принимается температура воздуха минимальная из допустимых значений при отсутствии избытков явной теплоты в помещениях и экономически целесообразная температура в пределах допустимых норм - в помещениях с избытками теплоты.

Графа 3. В этой графе следует перечислить все наружные и внутренние ограждения, через которые учитываются тепловые потери и теплопоступления.

Наименование ограждений помещения: НС – наружная стена; ВС – внутренняя стена; Пл – пол; Пл_I, Пл_{II}, Пл_{III}, Пл_{IV}, – пол на грунте или на лагах, соответственно, I, II, III и IV зоны; Пт – потолок; ТО – тройное остекление; ДО – двойное остекление; ОО – одинарное остекление; ДД – двойные двери; БД – балконная дверь и др.

Графа 4. Ориентация ограждений помещения по сторонам света: С – север, Ю – юг, В – восток, З – запад, СВ – северо-восток, ЮЗ – юго-запад и т.д.

Графа 5. Размеры ограждающих конструкций определяются с точностью до 0,1 м согласно правилам обмера (см. раздел 4.3).

Графа 6. Площадь наружных ограждающих конструкций определяется с точностью до 0,1 м². Обычно площадь наружных стен включает площадь окон и балконных дверей. Площадь наружных дверей и ворот, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами, вычитается из площади наружных стен.

Графа 7. Указывается расчетная разность температур $t_e - t_n$.

Графа 8. Указывается значение коэффициента n в соответствии с табл. 3.3.

Графа 9. Записывается коэффициент теплопередачи K . Для окон и балконных дверей записывается разность коэффициентов теплопередачи для окон и наружных стен - $(K_{ок} - K_{НС})$, Вт/(м²·°С), здесь $K_{ок}$ - коэффициент теплопередачи окон или балконных дверей, Вт/(м²·°С); $K_{НС}$ - коэффициент теплопередачи наружной стены, Вт/(м²·°С).

Графа 10. Основные потери теплоты за счет теплопередачи (трансмиссионные теплотопотери), $Q_{осн}$, Вт; определяются как произведение значений чисел в графах 6, 7, 8, 9. После определения теплотопотерь по всем ограждениям помещения, по этой графе суммируются основные теплотопотери для всего помещения $\Sigma Q_{осн}$, Вт.

Графа 11. Добавочные потери теплоты $\beta_{ор}$ на ориентацию по сторонам света.

Графа 12. Добавочные потери теплоты $\beta_{2НС}$ на наличие двух и более наружных стен.

Графа 13. Добавочные потери теплоты $\beta_{н.дв}$ на наличие наружных дверей и ворот, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами.

Графа 14. Множитель $(1 + \Sigma \beta)$, учитывающий добавочные теплотопотери для ограждения.

Графа 15. Тепловые потери через ограждения, $Q_{огр}$, Вт, определяются как произведение значений чисел в графах 10 и 14. После определения теплотопотерь по всем ограждениям помещения, по этой графе суммируются теплотопотери для всего помещения $\Sigma Q_{огр}$, Вт.

Графа 16. Тепловой поток на нагревание инфильтрующегося воздуха, Q_u , Вт; определяется по методике, приведенной в разделе 4.2.

При большом числе помещений допускается в курсовой работе определить потери теплоты на инфильтрацию для одного характерного помещения на каждом этаже, затем определить долю потерь на инфильтрацию от основных теплотопотерь

$$\beta_u = \frac{Q_u}{\Sigma Q_{осн}}, \quad (4.7)$$

а для остальных помещений рассматриваемого этажа тепловой поток на нагревание инфильтрующегося воздуха определять по зависимости

$$Q_u = \Sigma Q_{осн} \cdot \beta_u, \text{ Вт}; \quad (4.8)$$

Графа 17. Теплотери помещения $Q_{т.п}$, Вт, определяются по зависимости (4.1) с округлением до 10 Вт.

Для высоких помещений жилых и общественных зданий (высотой более 4 м) теплотери помещений рассчитываются с учетом добавки на высоту помещений. В курсовой работе для учета этой добавки суммарные теплотери через все ограждения (включая дополнительные теплотери) высоких помещений увеличиваются на 0,02 на каждый 1 метр высоты сверх 4 м (общая добавка на высоту не должна превышать 0,15)

$$Q_{т.п} = (\Sigma Q_{огр}) \cdot \beta_{выс}, \text{ Вт}, \quad (4.9)$$

где $\Sigma Q_{огр}$ - суммарные теплотери помещения через ограждающие конструкции, Вт;

$\beta_{выс}$ - добавочные потери теплоты на высоту помещения.

Добавки на высоту для лестничных клеток не учитываются.

После определения теплотерь всех помещений в здании определяются теплотери здания $Q_{зд}$, Вт, как сумма теплотерь отдельных помещений по графе 17.

4.2. Тепловой поток на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха

Тепловой поток на нагревание инфильтрующегося воздуха через ограждающие конструкции помещений определяется по зависимости

$$Q_u = 0,278 \cdot \Sigma G_i \cdot c \cdot (t_g - t_n) \cdot k, \text{ Вт}, \quad (4.10)$$

где G_i - расход воздуха, инфильтрующегося через ограждающие конструкции помещения, кг/ч;

c - удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг·°С);

t_g, t_n - расчетные температуры воздуха, соответственно в помещении (средняя с учетом повышения для помещений высотой более 4 м) и наружного воздуха в холодный период года (параметры Б), °С;

k - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами, 0,8 - для окон и балконных дверей с отдельными переплетами и 1,0 - для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов.

Тепловой поток на нагревание инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, принимается равным большей из величин, полученных по расчету по формулам (1) и (2):

$$Q_u = 0,278 \cdot L_n \cdot \rho \cdot c \cdot (t_g - t_n) \cdot k, \text{ Вт}, \quad (4.11)$$

где L_n - расход удаляемого воздуха, не компенсируемый подогретым приточным воздухом; м³/ч;

ρ - плотность воздуха в помещении, кг/м³.

Расход воздуха, инфильтрующегося через неплотности наружных ограждений, определяется по зависимости

$$G_i = 0,216 \cdot \Sigma A_1 \cdot \Delta p_i^{0,67} / R_u + \Sigma A_2 \cdot G_n \cdot (\Delta p_i / \Delta p_0)^{0,67} + 3456 \cdot \Sigma A_3 \cdot \Delta p_i^{0,5} + 0,5 \cdot \Sigma l \cdot \Delta p_i / \Delta p_0, \text{ кг/ч}, \quad (4.12)$$

где A_1, A_2 - площади наружных ограждающих конструкций, м², соответственно световых проемов (окон, балконных дверей, фонарей) и других ограждений;

A_3 - площадь щелей, неплотностей и проемов в наружных ограждающих конструкциях;

Δp_i - расчетная разность давлений на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций на расчетном этаже, Па;

$\Delta p_0 = 10$ Па - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, при которой определяется сопротивление воздухопроницанию, Па;

R_u - сопротивление воздухопроницанию, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$;

G_n - нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций, $\text{кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;

l - длина стыков стеновых панелей, м.

Расчетная разность давлений на наружной и внутренней поверхностях каждой ограждающей конструкции Δp_i , Па, принимается после определения условно-постоянного давления воздуха в здании. Условно-постоянное давление воздуха в здании p_e , Па, отождествляется с давлениями на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций и рассчитывается на основе равенства расхода воздуха, поступающего в здание ΣG_n , $\text{кг} / \text{ч}$, и удаляемого из него ΣG_y , $\text{кг} / \text{ч}$, за счет теплового и ветрового давлений и дисбаланса расходов между подаваемым и удаляемым воздухом системами вентиляции с искусственным побуждением и расходуемого на технологические нужды.

Расчетная разность давлений Δp_i определяется по зависимости

$$\Delta p_i = (H - h_i) \cdot (\rho_n - \rho_e) \cdot g + 0,5 \cdot \rho_n \cdot v_n^2 \cdot (c_n - c_z) \cdot k_1 - p_e, \text{ Па}, \quad (4.13)$$

где H - высота здания от уровня средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты, м;

h_i - расчетная высота от уровня земли до верха окон, балконных дверей, дверей, ворот, проемов или до оси горизонтальных и середины вертикальных стыков стеновых панелей, м;

ρ_n, ρ_e - плотность, соответственно, наружного воздуха и воздуха в помещении, $\text{кг} / \text{м}^3$;

g - ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м} / \text{с}^2$;

v_n - скорость ветра по параметрам Б, принимаемая по табл. 3.1

СП 131.13330.2012 [3], $\text{м} / \text{с}$;

c_n, c_z - аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и заветренной поверхностей ограждений здания, принимаемые по СНиП 2.01.07-85;

k_1 - коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания, принимаемый по СНиП 2.01.07-85;

p_e - условно-постоянное давление воздуха в здании, Па.

Примечания: 1. Максимальный тепловой поток на нагревание наружного воздуха следует учитывать для каждого помещения при наиболее неблагоприятном для него направлении ветра. При расчете тепловой нагрузки здания с автоматическим регулированием расход теплоты на инфильтрацию следует принимать при наиболее неблагоприятном направлении ветра для всего здания.

2. Инфильтрацию воздуха в помещении через стыки стеновых панелей следует учитывать только для жилых зданий.

Плотность воздуха определяется по зависимости

$$\rho = \frac{353}{273 + t}, \text{ кг/м}^3, \quad (4.14)$$

где t - температура воздуха, °С.

Аэродинамические коэффициенты на наветренной и заветренной поверхностях фасадов здания обычно принимаются равными:

$$c_n = 0,8; c_z = -0,6.$$

Коэффициент, учитывающий изменение давления ветра по высоте здания, принимается по табл. 4.2.

Таблица 4.2

Коэффициент учета изменения ветрового давления по высоте здания

Местность		Коэффициент k_1 при высоте над землей				
Тип	Описание	<5	10	20	40	60
А	Открытые степи, лесостепи, побережья морей, озер, водохранилищ, тундра, пустыни	0,75	1,0	1,25	1,5	1,7
В	Городские территории, местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м	0,5	0,65	0,85	1,1	1,3
С	Городские районы с застройкой зданиями высотой свыше 25 м	0,4	0,4	0,55	0,8	1,0

Условно-постоянное давление воздуха в здании p_e при сбалансированной вентиляции (вытяжка компенсируется притоком воздуха) или при отсутствии организованной вентиляции принимается постоянным для всего здания и равным

$$p_e = 0,5 \cdot [H \cdot (\rho_n - \rho_e) \cdot g + 0,5 \cdot \rho_n \cdot v_n^2 \cdot (c_n - c_z) \cdot k_1], \text{ Па.} \quad (4.15)$$

Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей

$$R_u = \frac{1}{G_n} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{2/3}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг}, \quad (4.16)$$

где Δp - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях наружного ограждения на уровне пола первого надземного этажа, Па;

$$\Delta p = 0,55 \cdot H_1 \cdot (\rho_n - \rho_v) \cdot g + 0,03 \cdot \rho_n \cdot v_{н.я}^2 \cdot g, \text{ Па}, \quad (4.17)$$

где H_1 - высота здания от уровня пола первого надземного этажа до верха вытяжной шахты, м;

$v_{н.я}$ - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая по табл. 3.1 [3]; для зданий высотой свыше 60 м значение $v_{н.я}$ следует умножать на коэффициент изменения скорости ветра по высоте, принимаемый по табл. 18 [8], м/с.

Нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций принимается по табл. 4.3.

Таблица 4.3

Нормируемая воздухопроницаемость ограждающих конструкций

Ограждающие конструкции	Воздухопроницаемость, G_n , кг/(м ² ·ч), не более
1. Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных, административных и бытовых зданий и помещений	0,5
2. Наружные стены, перекрытия и покрытия производственных зданий и помещений	1,0
3. Стыки между панелями наружных стен:	
а) жилых зданий	0,5*
б) производственных зданий	1,0*
4. Входные двери в квартиры	1,5
5. Входные двери в жилые, общественные и бытовые здания	7,0
6. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений в деревянных переплетах; окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
7. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений в пластмассовых или алюминиевых переплетах	5,0
8. Окна, двери и ворота производственных зданий	8,0
9. Фонари производственных зданий	10,0

Примечание: * - в кг/(м·ч)

Пример расчета.

Рассчитать тепловой поток на нагрев инфильтрующегося воздуха в помещениях двухэтажного административного здания (рис. 4.1), расположенного в г. Санкт-Петербурге. Площадь окон в пластмассовых переплетах в комнате равна $2,25 \text{ м}^2$. Высота вентиляционной шахты над полом чердака - $4,5 \text{ м}$.

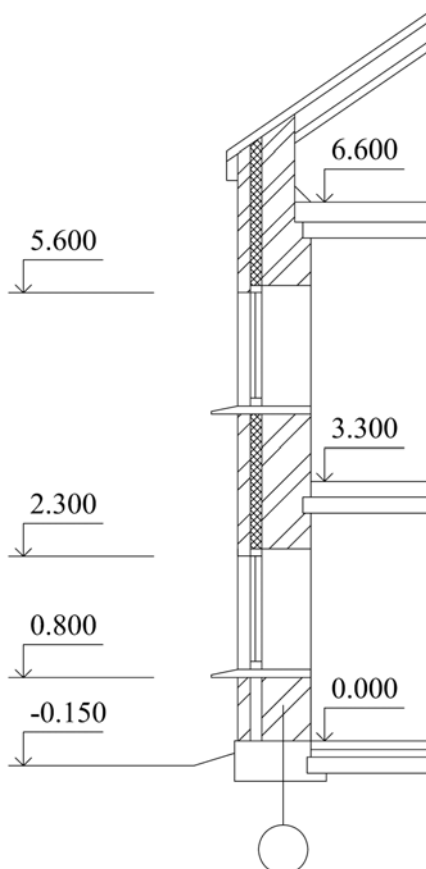


Рис. 4.1. Разрез административного здания

Аэродинамические коэффициенты: на наветренной поверхности фасада здания - $c_n = 0,8$; на заветренной поверхности фасада здания - $c_z = -0,6$.

Расчетная температура воздуха в помещении - $t_g = 19 \text{ }^\circ\text{C}$ – минимальная из оптимальных значений по ГОСТ 30494-96 для помещений 2 категории.

Расчетная температура наружного воздуха в холодный период года (параметры Б) - $t_n = -26 \text{ }^\circ\text{C}$.

Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более в табл. 1* СНиП 23-

01 для Санкт-Петербурга отсутствует, поэтому принимаем значение скорости по прилож. 4 СНиП 2.01.01-82 - $v_{н.я} = 4,2$ м/с.

Скорость ветра по параметрам Б в табл. 1* СНиП 23-01 для г. Санкт-Петербурга отсутствует, поэтому принимаем значение скорости по прилож. 8 СНиП 2.04.05-91* - $v_n = 3$ м/с.

Решение.

1. Рассчитывается условно-постоянное давление воздуха в здании.

Предварительно определяются необходимые для расчета данные:

- плотность наружного воздуха

$$\rho_n = \frac{353}{273 + t_n} = \frac{353}{273 + (-26)} = 1,429 \text{ кг/м}^3;$$

- плотность внутреннего воздуха

$$\rho_v = \frac{353}{273 + t_v} = \frac{353}{273 + 19} = 1,209 \text{ кг/м}^3;$$

- высота здания от уровня средней планировочной отметки земли до устья шахты

$$H = 0,15 + 6,6 + 4,5 = 11,25 \text{ м};$$

- коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания

$$k_1 = 0,42 \text{ - для типа местности С - табл. 4.2.}$$

Условно-постоянное давление воздуха в здании

$$\begin{aligned} p_v &= 0,5 \cdot \left[H \cdot (\rho_n - \rho_v) \cdot g + 0,5 \cdot \rho_n \cdot v_n^2 \cdot (c_n - c_z) \cdot k_1 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[11,25 \cdot (1,429 - 1,209) \cdot 9,81 + 0,5 \cdot 1,429 \cdot 3^2 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 0,42 \right] = \\ &= 14,03 \text{ Па.} \end{aligned}$$

2. Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях наружного ограждения на уровне пола первого надземного этажа (для определения сопротивления воздухопроницанию окон):

$$H_1 = 6,6 + 4,5 = 11,1 \text{ м};$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= 0,55 \cdot H_1 \cdot (\rho_n - \rho_v) \cdot g + 0,03 \cdot \rho_n \cdot v_{н.я}^2 \cdot g = \\ &= 0,55 \cdot 11,1 \cdot (1,429 - 1,209) \cdot 9,81 + 0,03 \cdot 1,429 \cdot 4,2^2 \cdot 9,81 = 20,59 \text{ Па.} \end{aligned}$$

3. Определяется сопротивление воздухопроницанию окон.

Нормативная воздухопроницаемость окон в пластмассовых переплетах - $G_n = 5,0$ кг/(м²·ч).

Сопротивление воздухопроницанию окон

$$R_u = \frac{1}{G_n} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{2/3} = \frac{1}{5,0} \cdot \left(\frac{20,59}{10} \right)^{2/3} = 0,324 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг}.$$

4. Расчетная разность давлений на наружной и внутренней поверхностях ограждающей конструкции:

помещений, расположенных на 1 этаже,

$$\Delta p_1 = (11,25 - 2,45) \cdot (1,429 - 1,209) \cdot 9,81 + 0,5 \cdot 1,429 \cdot 3^2 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 0,42 - 14,03 = 18,99 + 3,78 - 14,03 = 8,74 \text{ Па}.$$

помещений, расположенных на 2 этаже,

$$\Delta p_2 = (11,25 - 5,75) \cdot (1,429 - 1,209) \cdot 9,81 + 0,5 \cdot 1,429 \cdot 3^2 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 0,42 - 14,03 = 11,87 + 3,78 - 14,03 = 1,62 \text{ Па}.$$

Примечание: Если Δp_i принимают отрицательные значения, то будет происходить не инфильтрация, а эксфильтрация внутреннего воздуха.

5. Расход инфильтрующегося воздуха через неплотности окон:

помещения, расположенного на 1 этаже,

$$G_1 = 0,216 \cdot \Sigma A_1 \cdot \Delta p_1^{0,67} / R_u = 0,216 \cdot 2,25 \cdot 8,74^{0,67} / 0,324 = 6,41 \text{ кг/ч};$$

помещения, расположенного на 2 этаже,

$$G_2 = 0,216 \cdot \Sigma A_2 \cdot \Delta p_2^{0,67} / R_u = 0,216 \cdot 2,25 \cdot 1,62^{0,67} / 0,324 = 2,07 \text{ кг/ч};$$

6. Тепловой поток на нагревание инфильтрующегося воздуха:

помещения, расположенного на 1 этаже,

$$Q_{u1} = 0,278 \cdot G_1 \cdot c \cdot (t_g - t_n) \cdot k = 0,278 \cdot 6,41 \cdot 1,005 \cdot (19 + 26) \cdot 1,0 = 81 \text{ Вт};$$

помещения, расположенного на 2 этаже,

$$Q_{u2} = 0,278 \cdot G_2 \cdot c \cdot (t_g - t_n) \cdot k = 0,278 \cdot 2,07 \cdot 1,005 \cdot (19 + 26) \cdot 1,0 = 26 \text{ Вт}.$$

4.3. Определение размеров ограждений

При расчете тепловых потерь площадь A , м^2 , и размеры отдельных ограждений определяются по следующим правилам.

Размеры наружных стен (рис. 4.2):

- длина наружных стен: для углового помещения - по расстоянию от внешней поверхности наружных стен до осей внутренних стен, для неугловых помещений - по расстоянию между осями внутренних стен;

- высота стен первого этажа многоэтажного здания:

при наличии неотапливаемого подвала - по расстоянию от потолка подвала до уровня чистого пола 2 этажа:

$$h_{HC} = h_{\text{э}} + h_{\text{пер}}, \text{ м},$$

где h_{HC} - высота наружной стены, м;

$h_{\text{э}}$ - высота этажа, определяемая как разность отметок чистого пола 2-го и 1-го этажей, м;

$h_{\text{пер}}$ - толщина перекрытия над неотапливаемым подвалом;

при наличии отапливаемого подвала или пола на грунте - по расстоянию от уровня чистого пола 1-го этажа до уровня чистого пола 2-го этажа - $h_{\text{э}}$;

при наличии пола на лагах - по расстоянию от верхнего уровня подготовки или основания 1-го этажа до уровня чистого пола 2-го этажа;

- высота стен одноэтажного здания — считается от указанных выше нижних отметок до отметки теплоизоляционного слоя чердачного перекрытия или до отметки внешней поверхности покрытия;

- высота стен промежуточного этажа - по расстоянию между уровнями чистого пола этажей;

- высота стен верхнего этажа: при наличии чердака - по расстоянию от уровня чистого пола до верха утеплителя чердачного перекрытия; при отсутствии чердака - по расстоянию от уровня чистого пола последнего этажа до уровня внешней поверхности покрытия.

Длина внутренних стен определяется между осями внутренних стен и от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен.

Размеры световых проемов и дверей принимаются по наименьшим строительным размерам проемов в свету (рис. 4.2).

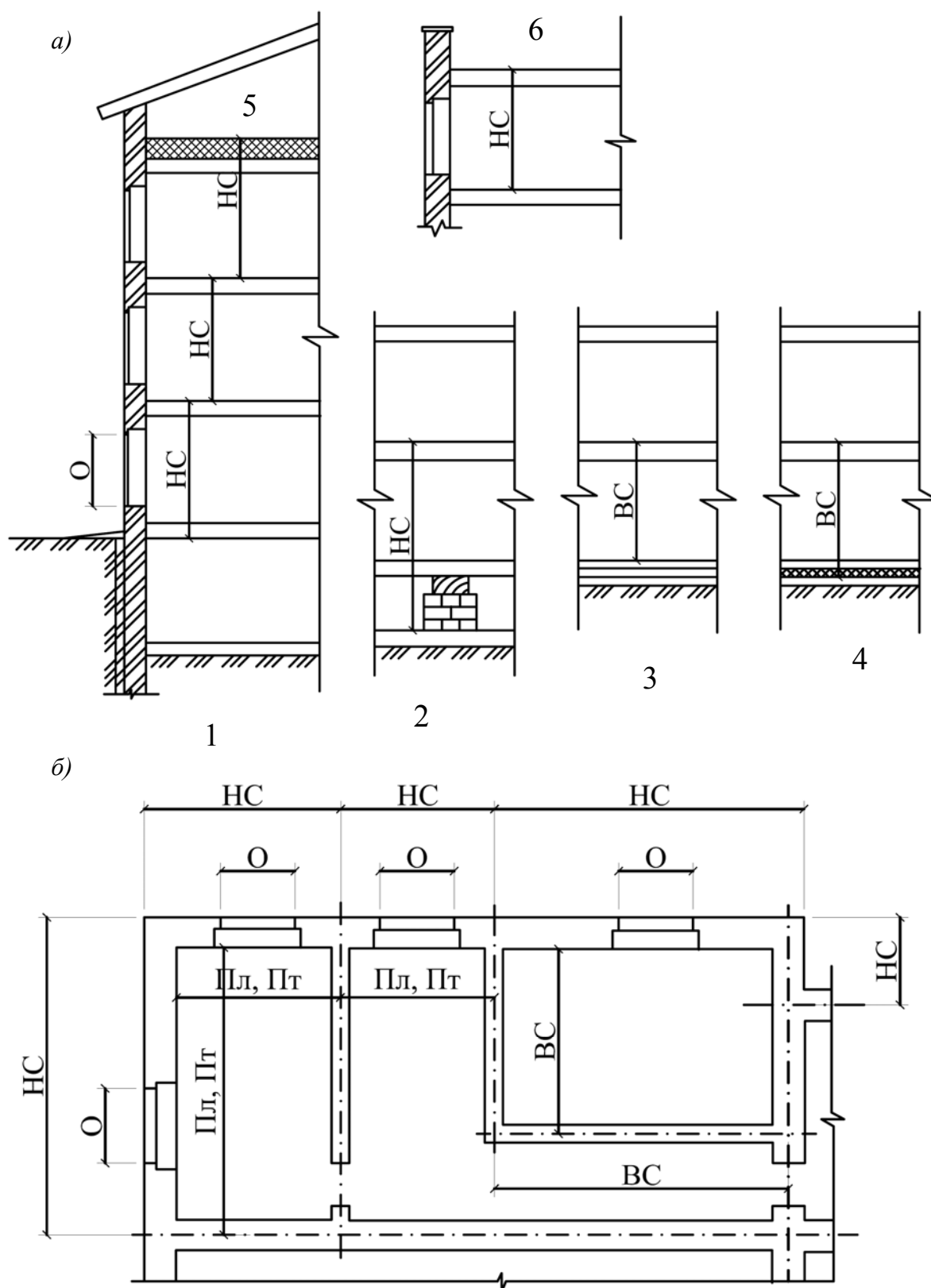


Рис. 4.2. Обмер ограждающих конструкций при определении тепловых потерь:

а – разрез по зданию; *б* – план здания;

измерение высоты стен 1-го этажа при конструкции пола: 1 – над неотапливаемым помещением; 2 – по лагам; 3 – по грунту без утепляющих слоев; 4 – по грунту с утепляющими слоями; измерение высоты стен верхнего этажа: 5 – при наличии чердака; 6 – при отсутствии чердака

Размеры потолков и полов определяются по расстоянию между внутренней поверхностью наружных стен до осей внутренних стен или между осями внутренних стен (рис. 4.2).

Полы, расположенные на грунте или на лагах, делятся на 4 зоны. Зоной называют полосу пола шириной 2 м, параллельную линии наружной стены. Нумерация зон (от I до III) выполняется от внутренней поверхности наружных стен; IV зона включает всю оставшуюся внутреннюю площадь пола (рис. 4.3). Следует обратить внимание, что площадь первой зоны в наружном углу учитывается дважды.

Наружные стены и полы отапливаемого подвала здания также делятся на зоны с отсчетом их от уровня грунта (рис. 4.4).

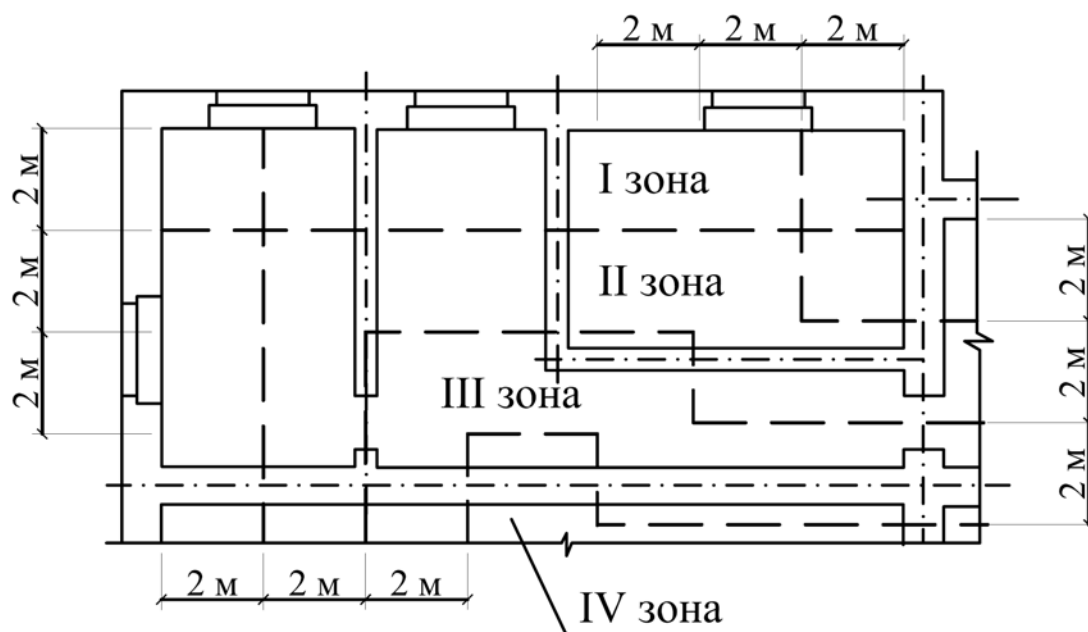


Рис. 4.3. Определение площадей пола на грунте (лагах) по зонам

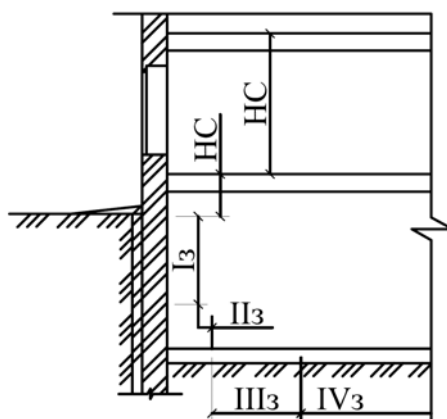


Рис. 4.4. Разметка пола по зонам при расположении наружной стены ниже уровня земли

Список использованных источников

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий.
2. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника/Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003.
3. СП 131.13330.2012. Строительная климатология.
4. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
5. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование/Госстрой России.- М.: ГУП ЦПП, 2003.
6. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения.
7. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
8. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий/Госстрой России.
9. Конструкции стен, покрытий и полов с теплоизоляцией из экструзионных вспененных пенополистирольных плит «Пеноплэкс». Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов. Шифр М24.24/04 – М.: ОАО «ЦНИИ-Промзданий», 2004.
10. Рекомендации по проектированию наружных трехслойных стеновых панелей с теплоизоляционным слоем из плит полистирольных вспененных экструзионных ПЕНОПЛЭКС для жилых и общественных зданий. - М.: ОАО «КБ им. А.А. Якушева», 2007.
11. Наружные стены, стены подвала, покрытия, чердачные перекрытия, перегородки, ограждающие конструкции мансард и полы с теплоизоляцией из минеральных плит «Rockwool». Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов. Шифр М24.25/06 – М.: ОАО «ЦНИИПромзданий», 2006.