

РАЗДЕЛ 1. ОБСЛЕДОВАНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1: Изучение конструктивно-планировочных решений эксплуатируемых зданий. Оценка энергоэффективности планировочных, конструктивных решений.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующие расчеты:

- определить тип оконных и дверных проемов;
- определить тип несущей конструкции;
- определить тип кровли;
- рассчитать тепловые потери через несущую стену, окна, двери и кровлю;
- построить график и сделать вывод.

Данные для расчета потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции можно определить по СП 131.13330.2012 и СП 50.13330.2012: наружная температура воздуха $t_5^{0,92}$, °С (далее t_n), внутреннюю температуру воздуха, тепловое сопротивление ограждающих конструкций.

Сведите данные в самостоятельно составленную таблицу и постройте графическое изображение (график, диаграмма и тд.). Сделайте вывод.

Тип оконных проемов выбирается с учетом индивидуального задания, а сопротивление теплопередаче и воздухопроницанию принять по таблице 1.1, с учетом коэффициента износа конструкции $k_{изн}$ (ориентировочно принять $k_{изн} = 1,1$), также в СП 50.13330.2012.

Теплопотери через ограждающие конструкции определяются по формуле 1.1:

$$Q = S^o \cdot \Delta t / R_n, \quad (1.1)$$

S^o -площадь окна в помещении, м²;

Δt - разность температуры между внутренним и наружным воздухом, °С;

R_n -тепловое сопротивление материала ограждающей конструкции, °С/Вт.

Приведенное сопротивление окон и балконных дверей

Заполнение светового проема (в деревянных или ПВХ переплетах)	Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт
Двойное остекление в спаренных переплетах	0,4 (Вар. 1)
Двойное остекление в отдельных переплетах	0,44 (Вар. 2)
Тройное остекление в раздельно-спаренных переплетах	0,55 (Вар. 3)
Однокамерный стеклопакет: из обычного стекла	0,38 (Вар. 4)
из стекла с твердым селективным покрытием	0,51 (Вар. 5)
из стекла с мягким селективным покрытием	0,56 (Вар. 6)
Двухкамерный стеклопакет: из обычного стекла (с межстекольным расстоянием 6 мм)	0,51 (Вар. 7)
из обычного стекла (с межстекольным расстоянием 12 мм)	0,54 (Вар. 8)
из стекла с твердым селективным покрытием	0,58 (Вар. 9)
из стекла с мягким селективным покрытием	0,68 (Вар. 10)
Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в отдельных переплетах: из обычного стекла	0,56 (Вар. 11)
из стекла с твердым селективным покрытием	0,65 (Вар. 12)
из стекла с мягким селективным покрытием	0,72 (Вар. 13)
Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в отдельных переплетах: из обычного стекла	0,68 (Вар. 14)
Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7 (Вар. 15)
Два однокамерных стеклопакета в отдельных переплетах	0,74 (Вар. 16)

Примечание. К мягким селективным покрытиям относят покрытия с коэффициентом излучения менее 0,15, к твердым – более 0,25.

Условие задачи

Определить и сравнить потери тепловой энергии через окна и двери. Определить потери тепловой энергии через ограждающую конструкцию. Определить потери тепловой энергии через пол. Определить потери тепловой энергии через кровлю. Объекта: высота здания 5 м, ширина – 20 м, длинна – 40м, и тридцать окон размеров 1,5 x 1,4 метра. Кровля под 45°, дополнительная площадь к площади стены 20 м². Кровля скатная Температура в помещении 20 °С, внешняя температура -20 °С. Пол: бетонная стяжка 10 см, минеральная вата

плотностью 150 кг/м^3 , толщиной 10 см , $R_0^{\text{бетон}}=1,75 \text{ Вт}$, $R_0^{\text{минвата}}=0,037\text{Вт}$; $R_0^{\text{окно}}=5,25 \text{ Вт}$; кровля: кровельные сэндвич панели из минеральной ваты толщиной 15 см , $R_0^{\text{(кровля)}}= 0,037 \text{ Вт}$; стены: стеновые сэндвич панели из минеральной ваты толщиной 15 см , $R_0^{\text{(стены)}}= 0,037\text{Вт}$.

Варианты ответов

Варианты ответов даны в следующей последовательности: тепловые потери через пол, кровлю, окна, стены, общие теплопотери.

(!) А) 5,8;8,0;6,3;5,5; 25,6.

Б) 5,4;8,0;6,0;5,1.

(!) В) 5797;7980;6300;5500; 25600.

Г) 0,58;0,80;0,63;0,55;25.

Д) 5,7;8,5;6,2;5,3;256.

Указание (подсказка)

Площадь стен (фасада) не включает окна. Величина теплопотерь округляется в большую сторону.

Полное решение задачи

Считаем площади ограждающих конструкций:

-пол: $20 \cdot 40 = 800 \text{ м}^2$

-кровля: $20,2 \cdot 40 = 808 \text{ м}^2$

-окна: $1,5 \cdot 1,4 \cdot 30 \text{ шт} = 63 \text{ м}^2$

-стены: $(20 + 40 + 20 + 40) \cdot 5 = 600 \text{ м}^2 + 20 \text{ м}^2$ (учет скатной кровли) $= 620 \text{ м}^2 - 63 \text{ м}^2$ (окна) $= 557 \text{ м}^2$

-пол: бетонная стяжка 10 см и минеральная вата плотностью 150 кг/м^3 . толщиной 10 см :

$R (\text{бетон}) = 0,1 / 1,75 = 0,057 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)} / \text{Вт}$

$R (\text{минвата}) = 0,1 / 0,037 = 2,7 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)} / \text{Вт}$

$R (\text{пола}) = R (\text{бетон}) + R (\text{минвата}) = 0,057 + 2,7 = 2,76 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)} / \text{Вт}$

-кровля: кровельные сэндвич панели из минеральной ваты толщиной 15 см ::

$R (\text{кровля}) = 0,15 / 0,037 = 4,05 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)} / \text{Вт}$

-окна: $R (\text{окна}) = 0,40 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$ (для однокамерного стеклопакета)

-стены: стеновые сэндвич панели из минеральной ваты толщиной 15 см:

$$R (\text{стены}) = 0.15 / 0,037 = 4,05 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

Посчитаем тепловые потери:

$$Q (\text{пол}) = 800 \cdot 20 \text{ }^\circ\text{C} / 2,76 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт} = 5797 \text{ Вт} = 5,8 \text{ кВт}$$

$$Q (\text{кровля}) = 808 \cdot 40 \text{ }^\circ\text{C} / 4,05 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт} = 7980 \text{ Вт} = 8,0 \text{ кВт}$$

$$Q (\text{окна}) = 63 \cdot 40 \text{ }^\circ\text{C} / 0,40 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт} = 6300 \text{ Вт} = 6,3 \text{ кВт}$$

$$Q (\text{стены}) = 557 \cdot 40 \text{ }^\circ\text{C} / 4,05 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт} = 5500 \text{ Вт} = 5,5 \text{ кВт}$$

Получаем (см. рис. 1.1.), что суммарные теплопотери через ограждающие конструкции составят: $Q (\text{общая}) = 5,8 + 8,0 + 6,3 + 5,5 = 25,6 \text{ кВт / ч}$



Рис.1.1. Теплопотери через ограждающие конструкции

Вывод

По диаграмме видно, что больше всего потерь тепла тереться через кровлю. Следует провести мероприятия по устранению тепловых потерь через кровлю.

Задание для самостоятельного решения

Вариант для таблицы 1.2 и Приложения 1 определяются по таблице ниже: I – предпоследняя цифра, II – последняя цифра номера зачетки.

II \ I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 1.2

Исходные данные

Вариант	Населенный пункт	Вариант конструкции заполнение световых проемов (табл. 1.1)	Проемы	
			ОК	ДВ
Вариант 1	Архангельск	1	1,2x2,0	0,9x2,1
Вариант 2	Астрахань	2	1,4x1,8	0,8x2,1
Вариант 3	Барнаул	3	1,25x1,8	1,0x2,1
Вариант 4	Брянск	4	1,2x2,0	0,9x2,1
Вариант 5	Белгород	5	1,4x1,8	0,8x2,1
Вариант 6	Владимир	67	1,25x1,8	1,0x2,1
Вариант 7	Владивосток	8	1,2x2,0	0,9x2,1
Вариант 8	Волгоград	9	1,4x1,8	0,8x2,1
Вариант 9	Воркута (Усть-Воркута)	10	1,25x1,8	1,0x2,1
Вариант 10	Грозный	11	1,2x2,0	0,9x2,1

Вариант 11	Екатеринбург (Свердловск)	12	1,4x1,8	0,8x2,1
Вариант 12	Иваново	13	1,25x1,8	1,0x2,1
Вариант 13	Иркутск	14	1,2x2,0	0,9x2,1
Вариант 14	Казань	15	1,4x1,8	0,8x2,1
Вариант 15	Кемерово	16	1,25x1,8	1,0x2,1
Вариант 16	Магадан (по бухте Нагаева)	1	1,2x2,0	0,9x2,1
Вариант 17	Москва	2	1,4x1,8	0,8x2,1
Вариант 18	Мурманск	3	1,25x1,8	1,0x2,1
Вариант 19	Н. Новгород (Горький)	4	1,2x2,0	0,9x2,1
Вариант 20	Новосибирск	5	1,4x1,8	0,8x2,1
Вариант 21	Омск	67	1,25x1,8	1,0x2,1
Вариант 22	Орел	8	1,2x2,0	0,9x2,1
Вариант 23	Пермь	9	1,4x1,8	0,8x2,1
Вариант 24	Петрозаводск	10	1,25x1,8	1,0x2,1
Вариант 25	Рязань	11	1,2x2,0	0,9x2,1
Вариант 26	С.-Петербург(Ленинград)	12	1,4x1,8	0,8x2,1
Вариант 27	Саратов	13	1,25x1,8	1,0x2,1
Вариант 28	Смоленск	14	1,2x2,0	0,9x2,1
Вариант 29	Сочи	15	1,4x1,8	0,8x2,1
Вариант 30	Сургут	16	1,25x1,8	1,0x2,1

Смотри дополнительные данные в Приложении 1 к Разделу 1 «Обследование ограждающих конструкций».

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2: Виды и характеристики современной теплоизоляции. Примеры конструктивных решений ограждающих конструкций с применением утеплителя.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующие расчеты:

- определить конструкцию несущей стены;
- определить толщину теплоизоляции несущей стены;
- сделать вывод.

В соответствии с нормативными требованиями СП 50.13330, теплотехнические характеристики ограждающих конструкций определяются ниже перечисленными показателями:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;

б) санитарно-гигиенические, включающие температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

Требования тепловой защиты здания будут выполнены, если в жилых и общественных зданиях будут соблюдены требования показателей "а" и "б" либо "б" и "в".

2.1 Сбор данных несущей конструкции на момент обследования

Определите климатические характеристики района расположения объекта. Определите технические и конструктивные характеристики несущей конструкции: толщину стены, материал стены, дополнительные декоративные слоя ма-

териала (например, декоративная штукатурка). Теплотехнические показатели строительных материалов конструкции стены выбираются по индивидуальному заданию. Изобразите разрез по стене с указанием всех материалов и их толщинами и сведите все в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Теплотехнические показатели строительных материалов

№ слоя	Материал	Услв. эксплуатации	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м ² ·°С)	Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	Толщина слоя δ , мм
1						
2						

2.2 Определение фактического сопротивления теплопередаче наружной стены $R_0^{\text{факт}}$

Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций принимаются по СП131.13330.2018 и сведены в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций

Наименование конструкции	n	$\alpha_{\text{в}}$, Вт/(м ² ·°С)	$\alpha_{\text{н}}$, Вт/(м ² ·°С)
Наружные стены (НС)	1	8,7	23
Пол над неотапливаемым подвалом (ПЛ)	0,6	8,7	6
Чердачные перекрытия (ПТ)	0,9	8,7	12

Примечание: n – коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху.

Фактическое сопротивление теплопередаче наружной стены $R_0^{\text{факт}}$, м²·°С/Вт определяется по формуле 2.1:

$$R_0^{\text{факт}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_1^i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (2.1)$$

где $\alpha_{\text{в}}$, Вт/(м²·°C) – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции; $\alpha_{\text{н}}$, Вт/(м²·°C) – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции; λ , Вт/(м²·°C) – коэффициент теплопроводности; δ , мм – толщина слоя.

Расчетное сопротивление теплопередаче многослойной ограждающей конструкции $R_0^{\text{р}}$, м²·°C/Вт определяется по формуле 2.2:

$$R_0^{\text{р}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_1^i R_{Ti} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = R_0^{\text{норм}}, \quad (2.2)$$

Термическое сопротивление теплопередаче отдельного слоя конструкции, м²·°C/Вт определяется по формуле 2.3:

$$R_{Ti} = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (2.3)$$

Термическое сопротивление теплопередаче слоя утеплителя $R_{\text{ут}}$, м²·°C /Вт определяется по формуле 2.4:

$$R_{\text{ут}} = R_0^{\text{норм}} - \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_1^i \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right), \quad (2.4)$$

После уточнения толщины теплоизоляционного материала наружной стены, рассчитывается фактическое сопротивление теплопередаче наружной стены, м²·°C /Вт по формуле 2.1.

Должно соблюдаться условие: величина фактического сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{факт}}$ больше требуемого $R_0^{\text{норм}}$ (требование *а*) *поэлементное требование*). Если условие не выполняется, то требуется утеплить несущую конструкцию.

2.2 Определение толщины δ теплоизоляционного слоя при утеплении фасада

Для расчета толщины слоя утеплителя и определение конструкции наружной сети следует сделать расчет в соответствии с п. 2.1 с добавлением теплоизоляционного материала в соответствии с индивидуальным заданием.

Условие задачи

В ходе капитального ремонта было решено провести работы по утеплению фасада. Нужно рассчитать толщину теплоизоляционного материала ограждающей конструкции (несущая стена) в соответствии с индивидуальным заданием. Сравните результаты и выберите лучший, обоснуйте свой выбор несколькими факторами (экономический, безопасности, долговечности и тп.). Климатических характеристик района г. Москвы: $t_5^{0,92} = -25^\circ\text{C}$ (далее t_n); $t_{\text{оп}} = -2,2^\circ\text{C}$; зона влажности -2 (нормальная). Несущая стена: 1 слой-керамзитобетонные блоки, 1200 кг/м^3 , $\lambda = 0,52 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$, B , $\mu = 0,11 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$, $\delta = 0,4 \text{ м}$; 2 слой-раствор известково-песчаный, B , $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$, $\mu = 0,12 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$, $\delta = 0,02 \text{ м}$. Конструктив несущей стены после капитального ремонта: 1- Раствор цементно-песчаный, $\lambda = 0,93$, B , $\delta = 0,01 \text{ м}$; 2- Керамзитобетонные блоки, 1200 кг/м^3 , $\lambda = 0,52 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$, B , $\delta = 0,4 \text{ м}$; 3- Раствор известково-песчаный, $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$, B , $\delta = 0,02 \text{ м}$; 4- Плиты минераловатные из каменного волокна, 180 кг/м^3 , $\lambda = 0,048$, δ – нужно найти.

Варианты ответов

Ответ представить в виде неравенства $R_0^{\text{факт}} > R_0^{\text{норм}}$ и значения толщины утеплителя в мм.

(!) А) $3,05 > 2,99$, 10.

Б) $305 > 299$, 100.

В) $3,05 < 2,99$, 10.

Г) $0,305 > 0,299$, 1.

Д) $3 > 2$, 0,1.

Полное решение задачи

Климатических характеристик района г. Москвы: $t_5^{0,92} = -25^\circ\text{C}$ (далее t_n); $t_{\text{оп}} = -2,2^\circ\text{C}$; зона влажности -2 (нормальная). Расчетные условия и характеристики внутреннего микроклимата здания принимаются по СП131.13330.2018 «Строительная климатология» и выписаны в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

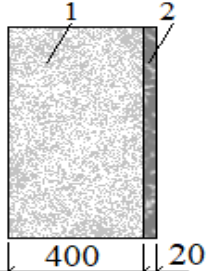
Расчетные условия и характеристики внутреннего микроклимата жилого здания

$t_{в}$ для помещений, °С					$\varphi_{в}$, %	Влажностный режим помещения
Жилая комната угловая	Жилая комната рядовая	Кухня	ЛК	Туалет/ Ванна /Совмещенный санузел		
22 при $t_{н} > -31$ °С	20 при $t_{н} > -31$ °С	19	14	19 / 24 / 24	55	Нормальная
23 при $t_{н} \leq -31$ °С	21 при $t_{н} \leq -31$ °С					

Теплотехнические показатели строительных материалов конструкции стены записаны в таблицу 2.4.

Таблица 2.4

Теплотехнические показатели строительных материалов

	Материал	Услв. эксплуатации	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м ² ·°С)	Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	Толщина слоя δ , мм
	№ слоя					
1	Керамзитобетонные блоки	Б	1200	0,52	0,11	400
2	Раствор известково-песчаный	Б	-	0,81	0,12	20

Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций принимаются по таблице 2.2.

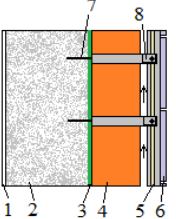
Фактическое сопротивление теплопередаче наружной стены $R_0^{\text{факт}}$, м²·°С/Вт равно:

$$R_0^{\text{факт}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,4}{0,52} + \frac{1}{23} = 0,95 \quad (2.5)$$

Теплотехнические показатели строительных материалов конструкции стены с утеплителем записаны в таблицу 2.6.

Таблица 2.6

Теплотехнические показатели строительных материалов

 № слоя	Наименование материала	Условия эксплуатации ограждений	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м ² ·°С)	Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	Толщина δ , мм
1	Раствор цементно-песчаный	Б	-	0,93		10
2	Керамзитобетонные блоки	Б	1200	0,52	0,11	400
3	Раствор извести-песчаный	Б	-	0,81	0,12	20
4	Плиты минераловатные из каменного волокна	Б	180	0,048		X(найти)
5-8	Вентилирующий фасад (профиль-основной, кассеты из композитной панели, кронштейн, анкерный болт)					

Расчетное сопротивление теплопередаче равно: $R_0^{\text{норм}} = 2,99$.

Термическое сопротивление теплопередаче отдельного слоя конструкции, м²·°С/Вт определяется по формуле 2.4:

$$R_{\text{ут}} = 2,99 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,4}{0,52} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} \right) = 2,026, \quad (2.6)$$

$$\delta_{\text{ут}} = 2,03 \cdot 0,048 = 0,097 \text{ м} \sim 0,1 \text{ м}. \quad (2.7)$$

Фактическое сопротивление теплопередаче наружной стены, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ равно:

$$R_0^{\text{факт}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,4}{0,52} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,1}{0,048} + \frac{1}{23} = 3,05 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт} \quad (2.8)$$

Выводы: величина фактического сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{факт}}$ больше требуемого $R_0^{\text{норм}}$ ($3,05 > 2,99$) следовательно требование а) поэлементное требование выполняется.

Задание для самостоятельного решения

Вариант для таблицы 2.7и Приложения 1 определяются по таблице ниже: I – предпоследняя цифра, II – последняя цифра номера зачетки.

II \ I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 2.7

Исходные данные

Вариант	Несущая стена			Вариант	Несущая стена		
	Стена*	δ , мм	Утеплитель*		Стена*	δ , мм	Утеплитель*
1	Керамзитобетон на керамзитовом песке 1800кг/м3	390	Плита из пенополистирола , 12кг/м3	16	Кирпич глиняный обыкновенный на цем.-шлак. р-ре	510	Плита из пенополистирола , 12кг/м3

2	Керамзитобетон на керамзитовом песке 1400кг/м3	390	Плиты из стеклянного штапельного волокна 15кг/м3	17	Кирпич глиняный обыкновенный на цем.-перл.. р-ре	380	Плиты из стеклянного штапельного волокна 15кг/м3
3	Керамзитобетон на керамзитовом песке 1200кг/м3	390	Плита из пенополистирола , 25кг/м3	18	Кирпич гладкий керамического пустотного, 1400кг/м3, на цем.-пес. р-ре	510	Плита из пенополистирола , 25кг/м3
4	Перлитобетон 1200кг/м3	300	Экструдированный пенополистирол	19	Перлитобетон 1200кг/м3	380	Экструдированный пенополистирол
5	Газо-пенобетон на цементном вяжущем 1200кг/м3	200	Пенополиуретан	20	Газо-пенобетон на цементном вяжущем 1200кг/м3	200	Пенополиуретан
6	Газо-пенобетон на цементном вяжущем 1000кг/м3	300	Плиты фибролитовые на портландцементе	21	Кирпич гладкий керамический пустот., 1300кг/м3, на цем.-пес. р-ре	510	Плиты фибролитовые на портландцементе
7	Кирпич глиняный обыкновенный на цем. р-ре	510	Плиты минераловатные из каменного волокна	22	Кирпич гладкий керамический пустот., 1000кг/м3, на цем.-пес. р-ре	380	Плиты минераловатные из каменного волокна
8	Кирпич глиняный обыкновенный на цем.-шлак. р-ре	380	Плиты из стеклянного штапельного волокна 20кг/м3	23	Газо-пенобетон на цементном вяжущем 1000кг/м3	300	Плиты из стеклянного штапельного волокна 20кг/м3
9	Сосна и ель поперек волокна	250	Листы гипсовые обшивные (сухая штукатурка)1050 кг/м3	24	Кирпич глиняный обыкновенный на цем. р-ре	510	нет
10	Кирпич гладкий керамического пустотного, 1400кг/м3, на цем.-пес. р-ре	510	Листы гипсовые обшивные (сухая штукатурка)1050 кг/м3	25	Кирпич силикатный 11-ипустотного на цем.-пес. р-ре	380	Листы гипсовые обшивные (сухая штукатурка)1050 кг/м3
11	Кирпич гладкий керамический пустот.,	380	Плита из пенополистирола , 30кг/м3	26	Дуб поперек волокна	250	Листы гипсовые обшивные (сухая штукатурка)1050

	1300кг/м3, на цем.-пес. р-ре						кг/м3
12	Кирпич гладкий керамический пустот., 1000кг/м3, на цем.-пес. р-ре	510	Плиты из стеклянного штапельного волокна 30кг/м3	27	Перлитобетон 1200кг/м3	300	Плиты из стеклянного штапельного волокна 30кг/м3
13	Кирпич силикатный 11- ипустотного на цем.-пес. р-ре	380	Плита из пенополистирол а , 20кг/м3	28	Газо-пенобетон на цементном вяжущем 1200кг/м3	300	Плита из пенополистирола , 20кг/м3
14	Газо-пенобетон на цементном вяжущем 1000кг/м3	200	Листы гипсовые обшивные (сухая штукатурка)800 кг/м3	29	Керамзитобетон на керамзитовом песке 1800кг/м3	510	Листы гипсовые обшивные (сухая штукатурка)800 кг/м3
15	Кирпич глиня- ный обыкно- венный на цем. р-ре	510	Плиты минераловатны е из каменного волокна	30	2 Керамзитобетон на керамзитовом песке 1400кг/м3	380	Плиты минераловатные из каменного волокна

Примечание: *данные см. прил. Г СП 50.13330.2012.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3: Методы оценки технического состояния ограждающих конструкций. Составление дефектной ведомости.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующие расчеты:

- определить вид дефекта по исходным данным;
- определить уровень физического износа;
- составить дефектную ведомость.

Для оценки состояния фасадов, окон, дверей, световых фонарей, полов, крыш и кровель используют ВСН 53-86 (р «Правила оценки физического износа жилых зданий»). Ниже приведены таблицы оценки.

Определите объем работ в соответствии с ВСН 53-86(р) «Правила оценки физического износа жилых зданий».

Таблица расчета физического износа конструкций зданий и таблица рекомендаций по ремонту оформляются в виде табл.3.1 и 3.2.

Таблица 3.1

Расчет физического износа несущих стен деревянных каркасных

№ участка	Удельный вес участка к общему объему элемента, %	Физический износ участков элементов ,%	Для физического износа участка, %

Таблица 3.2

Рекомендации по ремонту

Наименование участка	Физический износ	Примерный состав работ

Условие задачи

Определите (выберите одну конструкцию или элемент) по фотографиям (см. рис.3.1- 3.3) следующее:

- вид дефекта;
- уровень физического износа;
- составить дефектную ведомость.



Рис. 3.1 Передний фасад в осях 6-12.



Рис. 3.2 Плита перекрытия.

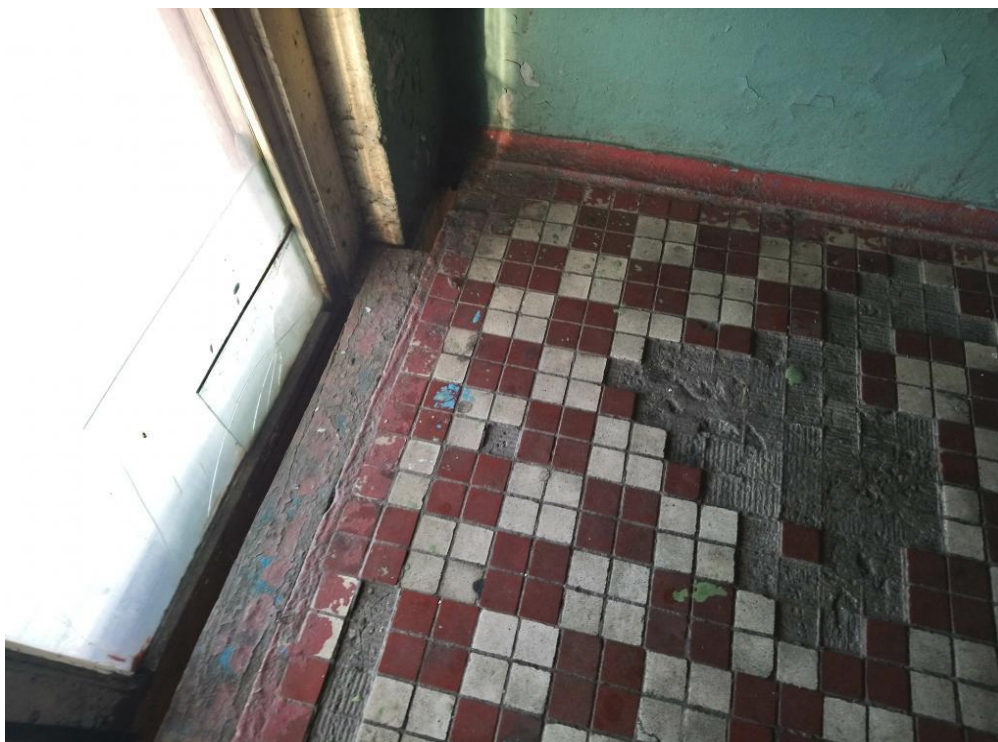


Рис. 3.3 Пол в местах общего пользования.

Варианты ответов

(!) А)

В ходе обследования были составлены следующие таблицы 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3

Расчет физического износа несущих стен деревянных каркасных

№ участка	Удельный вес участка к общему объему элемента, %	Физический износ участков элементов, %	Для физического износа участка, %
1	30	35 (наличие частичных признаков приведенных в табл.7 интервала 21 – 30%)	10,5
2	40	45 (наличие частичных признаков приведенных в табл.7 интервала 31 – 40%)	14
3	30	35 (наличие частичных признаков приведенных в табл.7 интервала 21 – 30%)	10,5
			$\Sigma=35$

Вывод: физического износа несущих стен деревянных каркасных составляет 35%.

Рекомендации по ремонту

Наименование участка	Физический износ	Примерный состав работ
Участок №1	35	Ремонт штукатурки или переборка обшивки с добавлением нового материала, смена отдельных досок, обшивка углов
Участок №2	45	То же, Замена обшивки стен и штукатурки
Участок №3	35	Ремонт штукатурки или переборка обшивки с добавлением нового материала, смена отдельных досок, обшивка углов

(!) Б)

При обследовании полов из керамической плитки выявлено отсутствие отдельных плиток и местами их отставание на площади 43% от всей осмотренной площади пола. По прил. Б. определяем, что значение физического износа пола находится в интервале 21- 40%, с распространением повреждений на площади от 20 до 50 %.

Для оценки физического износа осмотренного участка производим интерполяцию значений по прил.Б.таб.2. Размер интервала значений физического износа 21-40% составляет 20%. Размер интервала 20- 50% площади повреждения, характерной для данного интервала значений физического износа составляет 30%. Изменение физического износа с увеличением площади повреждения на 1% составит 20/30%.

Физический износ участка, имеющего повреждения на площади 43% определяем путем интерполяции: $21 + 20/30 \times 23 = 35,8\%$.

(!) В)

Согласно ГОСТ 31937-2011, наружные и внутренние стены находятся в работоспособном состоянии. Физический износ стен согласно табл. № 10 ВСН 53-86 (р), составляет 5 %.

С учетом того, что значительных дефектов и повреждений, влияющих на несущую способность плит перекрытия не обнаружено, согласно ГОСТ 31937-

2011 состояние перекрытий в целом оценивается как работоспособное. Физический износ перекрытия согласно табл. №30 ВСН 53-86 (р), составляет 20% - работоспособное.

Согласно ВСН 53-86 (р) табл. № 49 усредненный физический износ пола в обследованных частях здания составляет 20% - удовлетворительное.

По результатам обследования технического состояния здания выявленные повреждения сведены в дефектную ведомость, которая представлена в виде табл. 3.5.

Таблица 3.5

Ведомость дефектов

№ п/п	Описание дефекта и повреждения	Возможные причины возникновения дефектов и повреждения	Рекомендации по устранению выявленных дефектов и повреждений
Наружные стены			
1	Отдельные трещины и выбоины до 1 мм	Дефект эксплуатации: разрушение вследствие циклов замораживания/оттаивания	Заделка трещин и выбоин
Полы (обследуемая конструкция)			
2	Отсутствие отдельных плиток, местами вздутия и отставание на площади от 20 до 50 %	Дефект эксплуатации: Несоблюдение требований монтажа плитки	Частичная замена покрытия с добавлением плиток местами

Г)

В ходе обследования были составлены следующие таблицы 3.6 и 3.7.

Таблица 3.6

Расчет физического износа несущих стен деревянных каркасных

№ участка	Удельный вес участка к общему объему элемента, %	Физический износ участков элементов, %	Для физического износа участка, %
1	100	35 (наличие частичных признаков приведенных в табл.7 ин-	60

		тервала 21 – 30%)	
2	100	45 (наличие частичных признаков приведенных в табл.7 интервала 31 – 40%)	60
3	100	35 (наличие частичных признаков приведенных в табл.7 интервала 21 – 30%)	60
			$\Sigma=180$

Вывод: физического износа несущих стен деревянных каркасных составляет 180%.

Таблица 3.7

Рекомендации по ремонту

Наименование участка	Физический износ	Примерный состав работ
Участок №1	60	Ремонт штукатурки или переборка обшивки с добавлением нового материала, смена отдельных досок, обшивка углов
Участок №2	60	То же, Замена обшивки стен и штукатурки
Участок №3	60	Ремонт штукатурки или переборка обшивки с добавлением нового материала, смена отдельных досок, обшивка углов

Д)

Физический износ перекрытия согласно табл. №30 ВСН 53-86 (р), составляет 50% - работоспособное.

Полное решение задачи

Задание 1.

Таблица 3.8

Расчет физического износа несущих стен деревянных каркасных

№ участка	Удельный вес участка к общему объему элемента, %	Физический износ участков элементов, %	Для физического износа участка, %
1	30	35 (наличие частичных признаков приведенных в табл.7[2] интервала 21 – 30%)	10,5
2	40	45 (наличие частичных призна-	14

		ков приведенных в табл.7[2] интервала 31 – 40%)	
3	30	35 (наличие частичных признаков приведенных в табл.7[2] интервала 21 – 30%)	10,5
			$\Sigma=35$

Вывод: физического износа несущих стен деревянных каркасных составляет 35%. Рекомендации по ремонту несущих стен обследуемого здания представлена в Таблице 3.9.

Таблица 3.9

Рекомендации по ремонту

Наименование участка	Физический износ	Примерный состав работ
Участок №1	35	Ремонт штукатурки или переборка обшивки с добавлением нового материала, смена отдельных досок, обшивка углов
Участок №2	45	То же, Замена обшивки стен и штукатурки
Участок №3	35	Ремонт штукатурки или переборка обшивки с добавлением нового материала, смена отдельных досок, обшивка углов

Задание 2.

При обследовании полов из керамической плитки выявлено отсутствие отдельных плиток и местами их отставание на площади 43% от всей осмотренной площади пола. По прил. Б. определяем, что значение физического износа пола находится в интервале 21- 40%, с распространением повреждений на площади от 20 до 50 %.

Для оценки физического износа осмотренного участка производим интерполяцию значений по прил.Б.таб.2. Размер интервала значений физического износа 21-40% составляет 20%. Размер интервала 20- 50% площади повреждения, характерной для данного интервала значений физического износа составляет 30%. Изменение физического износа с увеличением площади повреждения на 1% составит 20/30%.

Физический износ участка, имеющего повреждения на площади 43% определяем путем интерполяции:

$$21+20/30 \times 23 = 35,8\%.$$

Округляя значение, получим физический износ участка пола 36%.

Задание 3.

Согласно ГОСТ 31937-2011, наружные и внутренние стены находятся в работоспособном состоянии. Физический износ стен согласно табл. № 10 ВСН 53-86 (р), составляет 5 %.

Пример дополнительной конструкции С учетом того, что значительных дефектов и повреждений, влияющих на несущую способность плит перекрытия не обнаружено, согласно ГОСТ 31937-2011 состояние перекрытий в целом оценивается как работоспособное. Физический износ перекрытия согласно табл. №30 ВСН 53-86 (р), составляет 15% - работоспособное.

Согласно ВСН 53-86 (р) табл. № 49 усредненный физический износ пола в обследованных частях здания составляет 20% - удовлетворительное.

По результатам обследования технического состояния здания выявленные повреждения сведены в дефектную ведомость, которая представлена в виде табл. 3.10.

Таблица 3.10

Ведомость дефектов

№ п/п	Описание дефекта и повреждения	Возможные причины возникновения дефектов и повреждения	Рекомендации по устранению выявленных дефектов и повреждений
Наружные стены			
1	Отдельные трещины и выбоины до 1 мм	Дефект эксплуатации: разрушение вследствие циклов замораживания/оттаивания	Заделка трещин и выбоин
Перекрытия (обследуемая конструкция)			
2	Незначительное смещение плит относительно одна другой	Дефект эксплуатации: Превышение нагрузки на перекрытия жильцами	Выравнивание поверхности потолка

	по высоте вследствие		
Полы (обследуемая конструкция)			
3	Отсутствие отдельных плиток, местами вздутия и отставание на площади от 20 до 50 %	Дефект эксплуатации: Несоблюдение требований монтажа плитки	Частичная замена покрытия с добавлением плиток местами

Задание для самостоятельного решения

Вариант для таблицы 3.11 и Приложения 1 определяются по таблице ниже:

I – предпоследняя цифра, II – последняя цифра номера зачетки.

II \ I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

При выполнении данной работы воспользуйтесь фото съемкой жилого дома в своем городе или панорамой онлайн карт. Вам требуется найти жилой дом с явными дефектами конструкций, которые даны вам по вариантам. Составте дефектную ведомость на основе собранных вам данных.

Таблица 3.11

Варианты задания

Вариант	Конструкция с дефектом	Вариант	Конструкция с дефектом
Вариант 1	Фасад, отмостка, приямок в подвал, крыльцо,	Вариант 16	Фасад, отмостка, приямок в подвал, крыльцо,

Вариант 2	Фасад, продухи в подвал, перекрытие, козырек	Вариант 17	Фасад, продухи в подвал, перекрытие, козырек
Вариант 3	Фасад, кровля, МОП	Вариант 18	Фасад, кровля, МОП
Вариант 4	Фасад, окна, двери, МОП	Вариант 19	Фасад, окна, двери, МОП
Вариант 5	Фасад, пол в МОП, лестничную клетку, окна	Вариант 20	Фасад, пол в МОП, лестничную клетку, окна
Вариант 6	Фасад, цоколь, водосток, балконы	Вариант 21	Фасад, цоколь, водосток, балконы
Вариант 7	Фасад, кровля, МОП, водосток, балконы	Вариант 22	Фасад, кровля, МОП, водосток, балконы
Вариант 8	Фасад, отмостка, приямок в подвал, крыльцо,	Вариант 23	Фасад, отмостка, приямок в подвал, крыльцо,
Вариант 9	Фасад, продухи в подвал, перекрытие, козырек	Вариант 24	Фасад, продухи в подвал, перекрытие, козырек
Вариант 10	Фасад, кровля, МОП	Вариант 25	Фасад, кровля, МОП
Вариант 11	Фасад, окна, двери, МОП	Вариант 26	Фасад, окна, двери, МОП
Вариант 12	Фасад, пол в МОП, лестничную клетку, окна	Вариант 27	Фасад, пол в МОП, лестничную клетку, окна
Вариант 13	Фасад, цоколь, водосток, балконы	Вариант 28	Фасад, цоколь, водосток, балконы
Вариант 14	Фасад, кровля, МОП, водосток, балконы	Вариант 29	Фасад, кровля, МОП, водосток, балконы
Вариант 15	Фасад, отмостка, приямок в подвал, крыльцо, окна	Вариант 30	Фасад, отмостка, приямок в подвал, крыльцо, двери

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4: Методы оценки теплотехнических характеристик ограждающих конструкций. Измерение температуры поверхности ограждающих конструкций бесконтактным способом.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующее:

Задача 1

Выполнение работ проводится в несколько этапов:

- Анализ представленной проектной и исполнительной документации;
- Общий осмотр объекта, определение конструктивной схемы зданий;
- Определение микроклимата внутри помещений;
- Подготовка к проведению тепловизионного обследования;
- Проведение тепловизионного обследования;
- Формирование базы данных термограмм и фотографических снимков;
- Обработка и расшифровки полученного массива данных в результате обследования;
- Проведение теплотехнического расчета;
- Разработка и составление отчета установленного образца по результатам инженерно-технического обследования.

Задача 2

1. С помощью линейки измерить длину и ширину помещения, окна, двери;
2. Построить план и разрез помещения. На разрезе точки размеров трех уровней;
3. Привести в рабочее состояние прибор.
4. Произвести последовательно дважды измерения температуры и влажности в каждой точке, занести их в таблицу.
5. Определить среднее значение t_{int} и J_{int} по всему объему помещения.
6. По среднему значению точки росы определить температуру.

7. Составить заключение по пригодности помещения для проведения занятий.

Работа производится с использованием специальных приборов - **тепловизоров**, которые улавливают утечку тепла и составляют визуальную «карту теплопотерь». Своевременное обследование позволяет осуществлять контроль качества работ на каждом этапе строительства. По его результатам можно определить наличие трещин в конструкциях, пустоты в стыках панелей, недостаточную толщину (а иногда и отсутствие) утеплительных материалов. Такой контроль позволяет выявить некачественную установку дверных и оконных блоков. Полученные данные показывают уровень существующих теплопотерь, который затем можно сравнить с нормативами.

Гигрометр — это прибор, который измеряет влажность воздуха в помещении (см. рис. 4.1). Если процент содержания влаги в воздухе слишком низкий, в организм могут попасть различные вирусы, которые могут значительно ослабить иммунитет. Благодаря гигрометру можно избежать дискомфорта и защитить слизистые и кожу от пересыхания. **Принцип работы** этого прибора основан на физических характеристиках материалов, из которых он состоит. Материалы в зависимости от уровня влаги в воздухе меняют свойства: вес, плотность, длину и другие. Гигрометр бывает нескольких видов: волосяной, пленочный, весовой, конденсационный, психрометрический, электронный.

Условие задачи

Задача 1. Проведите тепловизорное обследование жилого дома согласно исходным данным. Составте протокол измерений и заключение. (в свободной форме).

Задача 2. Определите температуру и влажность воздуха помещения используя ГОСТ 30.494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

Варианты ответов и указания в данной работе не учтены, студент выполняет работу после ознакомления раздела «Полное решение задачи».

Полное решение задачи

Пример по задаче 1.

1) Провели общий осмотр объекта, расположенного по адресу: г. Орехово-Зуево, ул. Ленина, д. 78. Здание прямоугольное 25,4 м на 14 м. Высота здания 8.5 м. Здание деревянное.

2) Определение микроклимата внутри помещений:

Параметр А: температура наружного воздуха $+2,0^{\circ}\text{C}$, влажность воздуха 80 %, скорость ветра 3,0 м/с,

Параметр Б: температура наружного воздуха $0,0^{\circ}\text{C}$, влажность воздуха 80 %, скорость ветра 3,0 м/с, абсолютная минимальная температура воздуха $-0,5^{\circ}\text{C}$.

Средняя температура наружного воздуха отопительного периода $-3,4^{\circ}\text{C}$, продолжительность отопительного периода 214 сут.

Условия проведения тепловизионного обследования: дата проведения 08.03.2020г, средняя температура внутри здания $+17^{\circ}\text{C}$.

3) Проведение тепловизионного обследования;

4) Формирование базы данных термограмм и фотографических снимков:

4.1 Сбор данных погодных условий за март 2020г. (на рис.4.1)



Рис. 4.1. Погода в Орехове-Зуево в апрель 2016г.

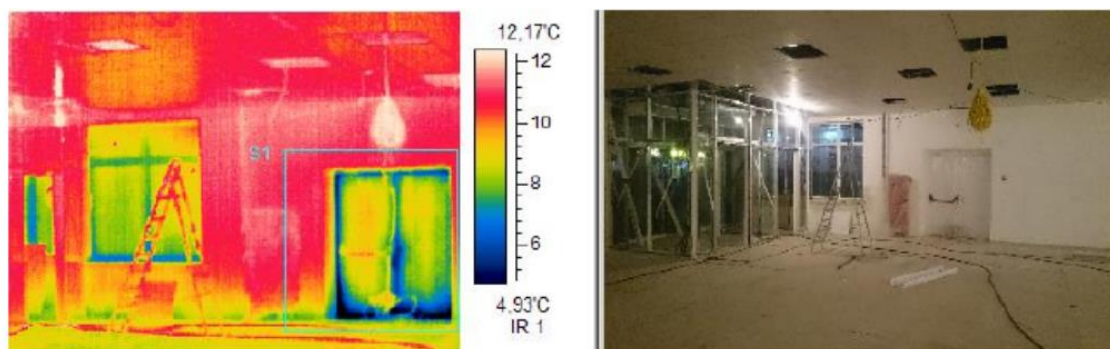
Таким образом, погодные условия частично благоприятствуют проведению тепловизионного обследования в соответствии с МДС 23-1.2007 «Методические рекомендации по комплексному теплотехническому обследованию наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники».

5) Результаты обследования:

Визуализация тепловых полей и измерение температуры при тепловизионном обследовании наружных ограждающих конструкций выполнялось с применением тепловизора SATIR S-280, зав. № 37131-08. Перед началом тепловизионной съемки были произведены замеры температуры поверхности на контролируемом объекте контактным методом, на расстоянии около 10 см от поверхности наружных стен. Обследование наружных ограждающих конструкций проводилось в ночное время. Снег, наледь, грязь и другие налеты, в момент проведения тепловизионной съемки, на обследуемых поверхностях отсутствовали. В процессе измерений, обследуемые поверхности не были подвержены воздействиям прямого и отраженного солнечного облучения. Термографирование проводилось последовательно по предварительно намеченным участкам с покадровой записью термограмм и одновременной фотосъемкой этих участков.

6) Протокол измерений:

Тепловизионного обследования жилого здания, расположенного по адресу: г. Орехово-Зуево, ул. Ленина, д. 78. Поверхность объекта: многослойный сэндвич-панель (трехслойный, из жесткого металла изнутри и снаружи, внутри устройство минерально-ватной теплоизоляции). Состояние атмосферы: переменная облачность, без осадков. Результаты измерений представлены на рисунках 4.2 и 4.3 и на термографических изображениях.



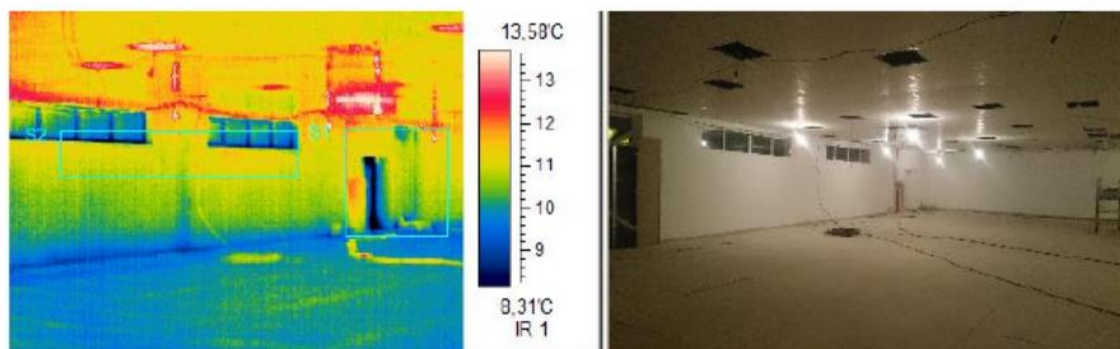
Графические данные:	Дата:	16.04.16.	Коэффициент излучения:	0,9
	Время:	22:30	Отраж.темп.[°C]:	11,3

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп.[°C]	Излуч.	Отраж.темп.[°C]	Примечания
Область измерений, S1, S2	3,50	0,9	11,3	Температура поверхности

Рис. 4.2. Фото 1

На термограмме выявлены локальные зоны инфильтраций наружного воздуха через устройство дверного блока, преимущественно по нижней уплотнительной системе по причине возможного перекоса, некачественной регулировке или деформации уплотнителя.



Графические данные:	Дата:	16.04.16.	Коэффициент излучения:	0,9
	Время:	22:30	Отраж.темп.[°C]:	11,9

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп.[°C]	Излуч.	Отраж.темп.[°C]	Примечания
Область измерений, S1	5,22	0,9	11,9	Температура поверхности
Область измерений, S2	7,97	0,9	11,9	Температура поверхности

Рис. 4.3. Фото 2

На термограмме выявлены локальные зоны инфильтраций наружного воздуха через устройство дверного блока, преимущественно по уплотнительной системе, а также определен факт нарушения теплового поля по полу по причине промерзания основания конструктива в частности по нижнему угловому сопряжению ограждающих конструкций.

Также были подсчитаны потери через ограждающие конструкции, окна и двери.

7) Заключение

Целью выполненной тепловизионной съемки объекта обследования являлось наглядное выявление возможных скрытых конструктивных, технологических, теплоизоляционных и строительно-монтажных дефектов в процессе эксплуатации. Последующая фиксация выявленных температурных и тепловых аномалий, при определенных условиях, для последующего анализа полученной базы данных термограмм. Разработку и составление технического отчета установленного образца и передачи технического отчета Заказчику.

По термограммам, полученным в результате проведения термографической съемки, можно сделать следующие выводы:

1 Температурное поле на поверхности диагностируемых поверхностей (ограждающих конструкций) внутри обследуемых помещений достаточно равномерное. Средний температурный показатель по глади несущих ограждающих конструкций, составил порядка $11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, с учетом температуры внутри помещений $17,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, с учетом специфики обогрева объекта обследования на момент проведения контроля. Согласно данных значений, температурные показатели имеют допустимые значения по (СНиП 23-02-2003 п.5.8) с учетом натуральных погодных условий на момент проведения обследования.

Однако были определены и зарегистрированы конструктивные тепловые аномалии в виде локальных участков промерзаний основания конструктива, в частности по угловым сопряжениям строительных ограждений в местах примыканий несущих ограждений к полу. Так же были определены локальные ин-

фильтрации наружного воздуха через устройства дверных и оконных блоков, преимущественно по уплотнительной системе, перекосу полотен и некачественной регулировки фурнитуры. Так же были определены точечные мостики холода в местах примыканий навесных металлических ферм к скатам кровли.

8) Рекомендации по устранению:

По возможности, провести операции по обустройству теплоизоляции цокольной части объекта обследования, с заходом теплоизоляции в грунт для устранения возможного мостика холода и локализации наиболее уязвимого места (углового сопряжению строительных ограждений), которые сейчас промерзают, по периметру на 50-70см для создания утепленной отмостки, с последующей финишной гидроизоляцией.

Рекомендуем применение закрыто-ячеистого двухкомпонентного пенополиуретана плотностью 35-40 кг/м³ толщиной не менее 25мм и не более 50мм, с последующим грунтованием праймером и нанесением поверх гидроизолирующей полимочевинной мембраны, толщиной не менее 2мм. Нанесение материалов рекомендуется проводить установками высокого давления.



Рис. 4.4. Результаты обследования (вариант оформления).

Пример по задаче 2.

1. Длина помещения 3,4 м и ширина помещения 4,5 м, два окна размерами 1,6мх2,0м, одна дверь 1,0мх2,1м.

2. Построить план и разрез помещения. На разрезе точки размеров трех уровней.

3. Результаты измерений: Точка 1: $t=18^{\circ}\text{C}$, точка 2: $t=18^{\circ}\text{C}$, точка 3: $t=19^{\circ}\text{C}$, Точка 1: $\varphi=55\%$, точка 1: $\varphi=54,8\%$, точка 1: $\varphi=54,9\%$.

4. Среднее значение t_{int} и влажность φ по всему объему помещения равно: $t_{\text{int}}=18,33^{\circ}\text{C}$ и $\varphi=54,9\%$.

5. По среднему значению точки росы определить температуру по таблице 4.1: $t=+8,3^{\circ}\text{C}$.

6. Заключение по пригодности помещения:

Составлена схема помещения (см. рис. 4.5).

План помещения

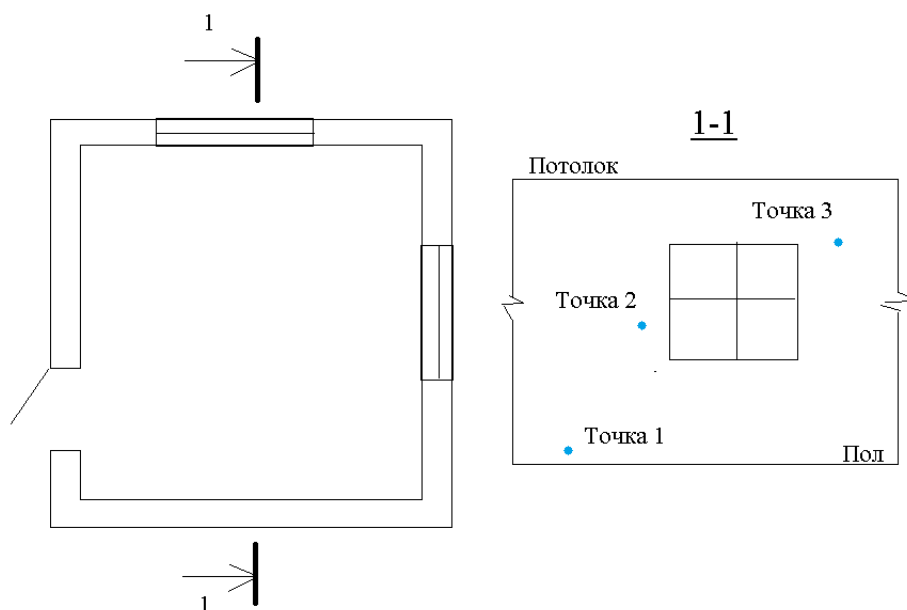


Рис. 4.5. Графическая часть (пример оформления).

Температура воздуха благоприятна для помещения. Конденсат не образуется на поверхности ограждающей конструкции.

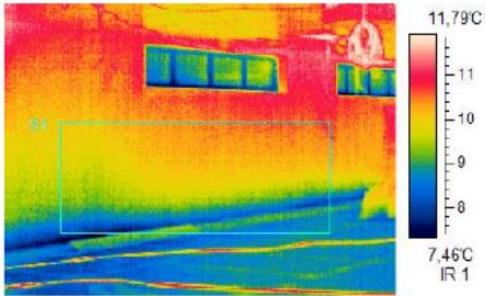
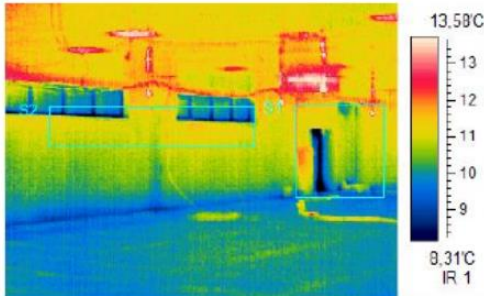
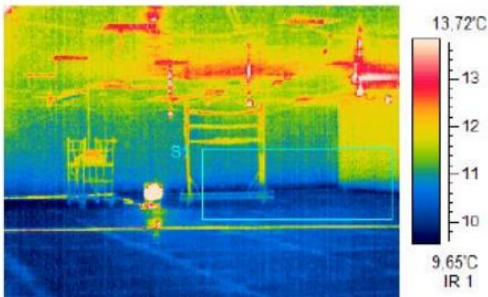
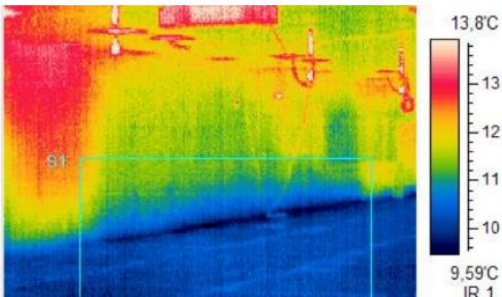
Задание для самостоятельного решения

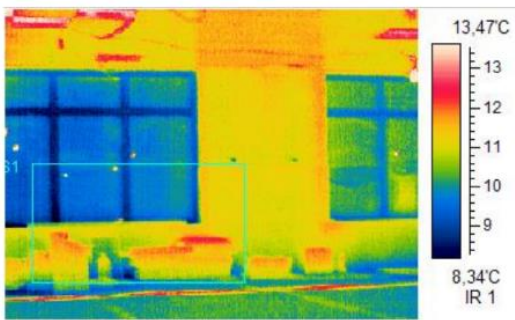
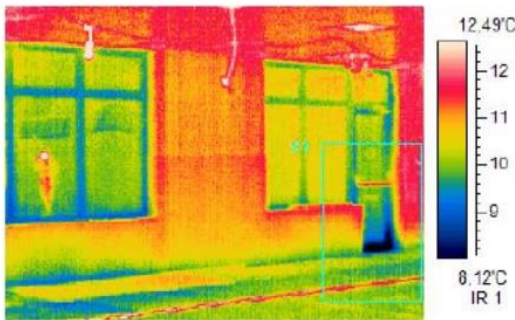
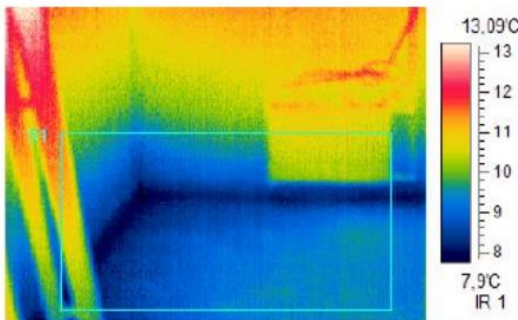
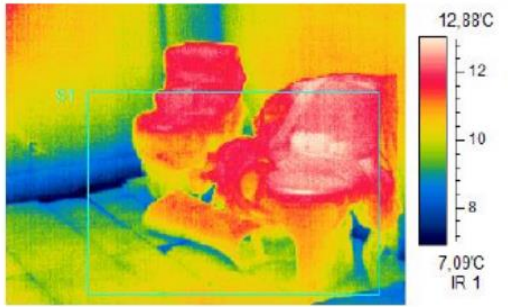
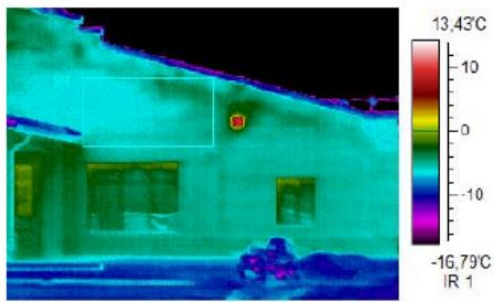
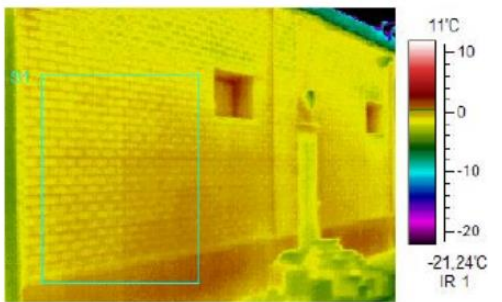
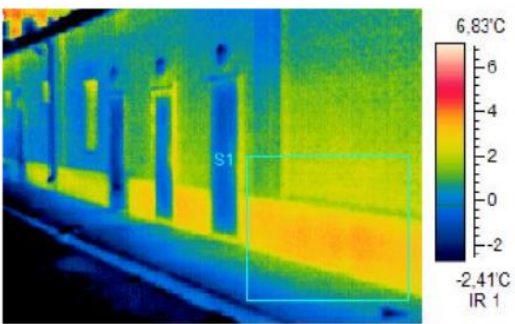
Вариант для таблицы 4.1 и Приложения 1 определяются по таблице ниже: I – предпоследняя цифра, II – последняя цифра номера зачетки.

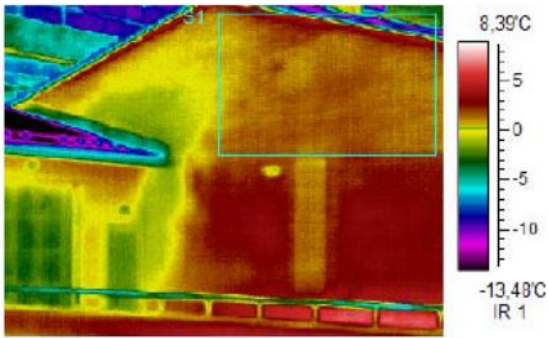
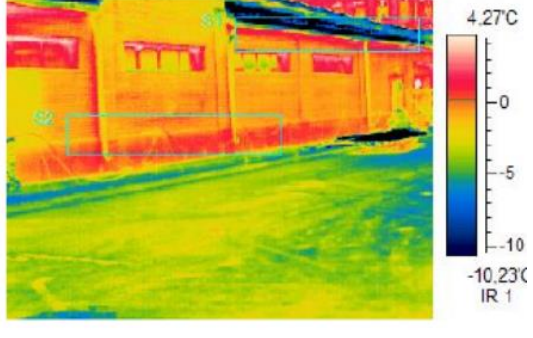
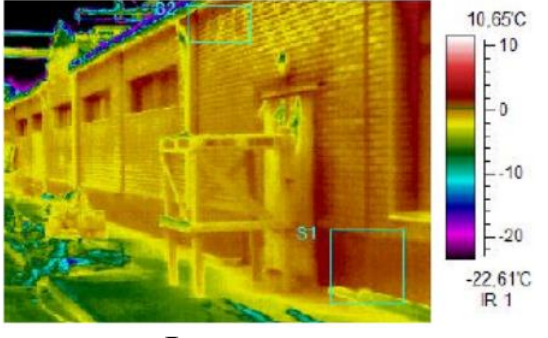
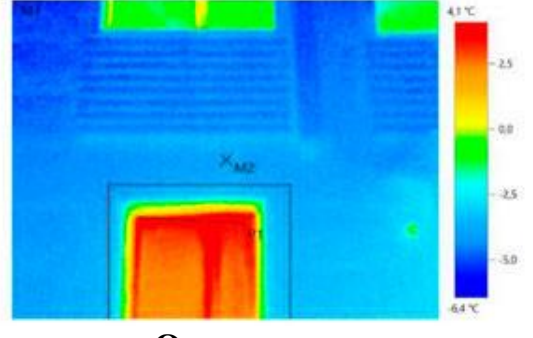
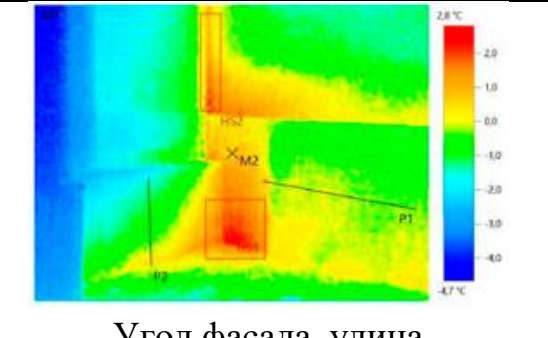
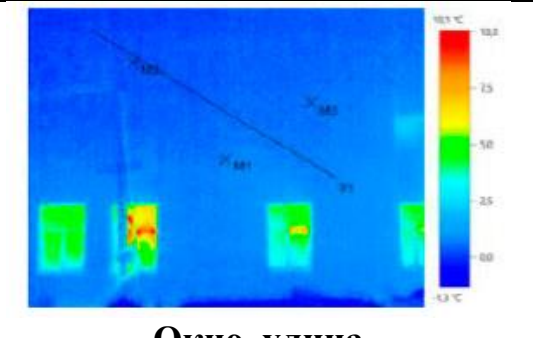
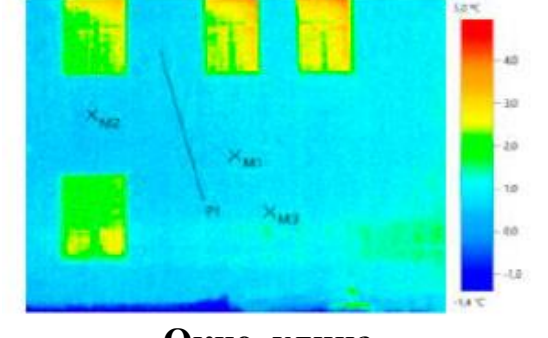
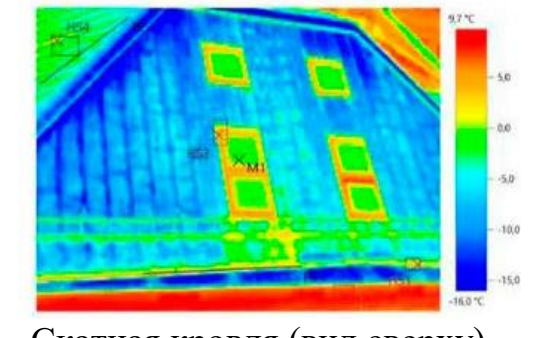
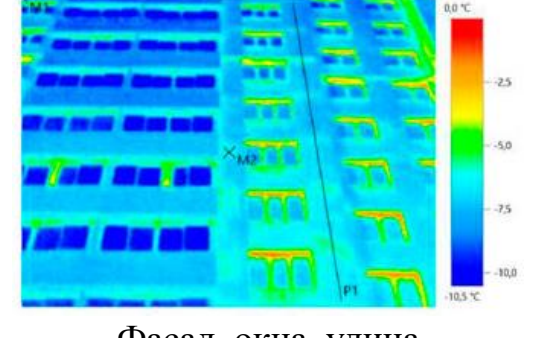
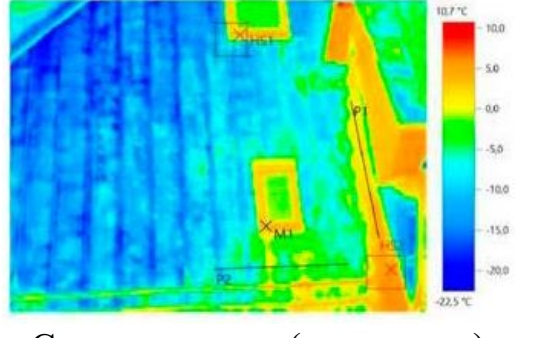
II I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 4.1

Исходные данные

Вари- ант	Фото съемки	Вари- ант	Фото съемки
1	 Жилое помещение, стена	16	 Жилое помещение, стена
2	 Жилое помещение, стена	17	 Жилое помещение, стена

3	 Улица, фасад	18	 Улица, фасад
4	 Жилое помещение, рядовая комната	19	 Сан. узел, стена
5	 Фасад с крышей, улица	20	 Фасад, улица
6	 Фасад, улица	21	 Фасад, улица

7	 Фасад, улица	22	 Фасад, улица
8	 Фасад, улица	23	 Окно, улица
9	 Угол фасада, улица	24	 Окно, улица
10	 Окно, улица	25	 Скатная кровля (вид сверху)
11	 Фасад, окна, улица	26	 Скатная кровля (вид сверху)

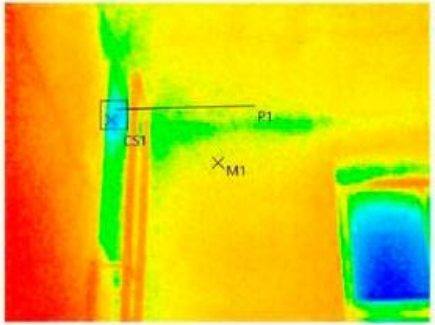
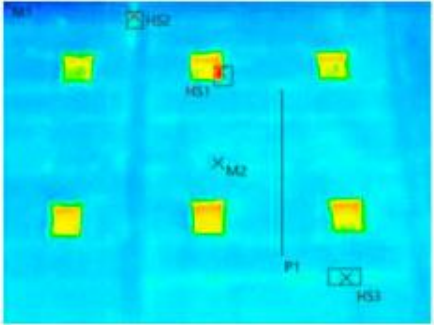
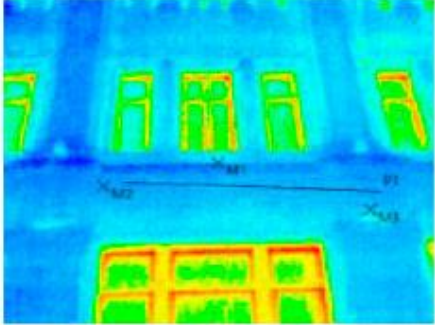
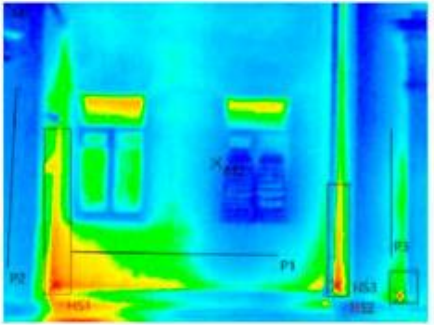
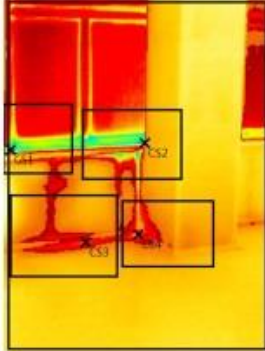
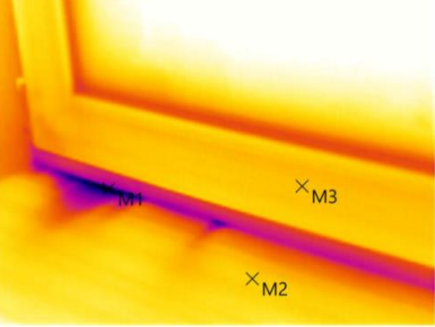
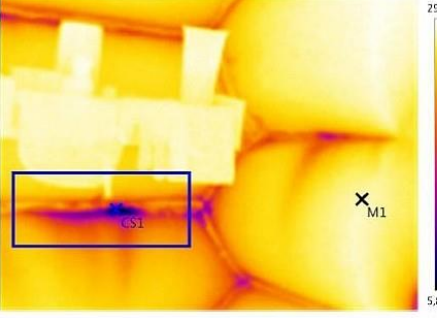
12	 Жилое помещение, потолок, угол	27	 Фасад
13	 Фасад, улица	28	 Фасад, окно
14	 Фасад, улица	29	 Жилое помещение, окно
15	 Жилое помещение, окно	30	 Жилое помещение, стена угловая, деревянный сруб

Таблица 4.2

Определение точки росы

Темпера- тура воздуха	Относительная влажность воздуха													
	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
-10°C	-23,2	-21,8	-20,4	-19,0	-17,8	-16,7	-15,8	-14,9	-14,1	-13,3	-12,6	-11,9	-10,6	-10,0
-5°C	-18,9	-17,2	-15,8	-14,5	-13,3	-11,9	-10,9	-10,2	-9,3	-8,8	-8,1	-7,7	-6,5	-5,8
0°C	-14,5	-12,8	-11,3	-9,9	-8,7	-7,5	-6,2	-5,3	-4,4	-3,5	-2,8	-2	-1,3	-0,7
+2°C	-12,8	-11,0	-9,5	-8,1	-6,8	-5,8	-4,7	-3,6	-2,6	-1,7	-1	-0,2	-0,6	+1,3
+4°C	-11,3	-9,5	-7,9	-6,5	-4,9	-4,0	-3,0	-1,9	-1,0	+0,0	+0,8	+1,6	+2,4	+3,2
+5°C	-10,5	-8,7	-7,3	-5,7	-4,3	-3,3	-2,2	-1,1	-0,1	+0,7	+1,6	+2,5	+3,3	+4,1
+6°C	-9,5	-7,7	-6,0	-4,5	-3,3	-2,3	-1,1	-0,1	+0,8	+1,8	+2,7	+3,6	+4,5	+5,3
+7°C	-9,0	-7,2	-5,5	-4,0	-2,8	-1,5	-0,5	+0,7	+1,6	+2,5	+3,4	+4,3	+5,2	+6,1
+8°C	-8,2	-6,3	-4,7	-3,3	-2,1	-0,9	+0,3	+1,3	+2,3	+3,4	+4,5	+5,4	+6,2	+7,1
+9°C	-7,5	-5,5	-3,9	-2,5	-1,2	+0,0	+1,2	+2,4	+3,4	+4,5	+5,5	+6,4	+7,3	+8,2
+10°C	-6,7	-5,2	-3,2	-1,7	-0,3	+0,8	+2,2	+3,2	+4,4	+5,5	+6,4	+7,3	+8,2	+9,1
+11°C	-6,0	-4,0	-2,4	-0,9	+0,5	+1,8	+3,0	+4,2	+5,3	+6,3	+7,4	+8,3	+9,2	+10,1
+12°C	-4,9	-3,3	-1,6	-0,1	+1,6	+2,8	+4,1	+5,2	+6,3	+7,5	+8,6	+9,5	+10,4	+11,7
+13°C	-4,3	-2,5	-0,7	+0,7	+2,2	+3,6	+5,2	+6,4	+7,5	+8,4	+9,5	+10,5	+11,5	+12,3
+14°C	-3,7	-1,7	-0,0	+1,5	+3,0	+4,5	+5,8	+7,0	+8,2	+9,3	+10,3	+11,2	+12,1	+13,1
+15°C	-2,9	-1,0	+0,8	+2,4	+4,0	+5,5	+6,7	+8,0	+9,2	+10,2	+11,2	+12,2	+13,1	+14,1
+16°C	-2,1	-0,1	+1,5	+3,2	+5,0	+6,3	+7,6	+9,0	+10,2	+11,3	+12,2	+13,2	+14,2	+15,1
+17°C	-1,3	+0,6	+2,5	+4,3	+5,9	+7,2	+8,8	+10,0	+11,2	+12,2	+13,5	+14,3	+15,2	+16,6
+18°C	-0,5	+1,5	+3,2	+5,3	+6,8	+8,2	+9,6	+11,0	+12,2	+13,2	+14,2	+15,3	+16,2	+17,1
+19°C	+0,3	+2,2	+4,2	+6,0	+7,7	+9,2	+10,5	+11,7	+13,0	+14,2	+15,2	+16,3	+17,2	+18,1
+20°C	+1,0	+3,1	+5,2	+7,0	+8,7	+10,2	+11,5	+12,8	+14,0	+15,2	+16,2	+17,2	+18,1	+19,1
+21°C	+1,8	+4,0	+6,0	+7,9	+9,5	+11,1	+12,4	+13,5	+15,0	+16,2	+17,2	+18,1	+19,1	+20,0
+22°C	+2,5	+5,0	+6,9	+8,8	+10,5	+11,9	+13,5	+14,8	+16,0	+17,0	+18,0	+19,0	+20,0	+21,0
+23°C	+3,5	+5,7	+7,8	+9,8	+11,5	+12,9	+14,3	+15,7	+16,9	+18,1	+19,1	+20,0	+21,0	+22,0
+24°C	+4,3	+6,7	+8,8	+10,8	+12,3	+13,8	+15,3	+16,5	+17,8	+19,0	+20,1	+21,1	+22,0	+23,0
+25°C	+5,2	+7,5	+9,7	+11,5	+13,1	+14,7	+16,2	+17,5	+18,8	+20,0	+21,1	+22,1	+23,0	+24,0
+26°C	+6,0	+8,5	+10,6	+12,4	+14,2	+15,8	+17,2	+18,5	+19,8	+21,0	+22,2	+23,1	+24,1	+25,1
+27°C	+6,9	+9,5	+11,4	+13,3	+15,2	+16,5	+18,1	+19,5	+20,7	+21,9	+23,1	+24,1	+25,0	+26,1
+28°C	+7,7	+10,2	+12,2	+14,2	+16,0	+17,5	+19,0	+20,5	+21,7	+22,8	+24,0	+25,1	+26,1	+27,0
+29°C	+8,7	+11,1	+13,1	+15,1	+16,8	+18,5	+19,9	+21,3	+22,5	+22,8	+25,0	+26,0	+27,0	+28,0
+30°C	+9,5	+11,8	+13,9	+16,0	+17,7	+19,7	+21,3	+22,5	+23,8	+25,0	+26,1	+27,1	+28,1	+29,0
+32°C	+11,2	+13,8	+16,0	+17,9	+19,7	+21,4	+22,8	+24,3	+25,6	+26,7	+28,0	+29,2	+30,2	+31,1
+34°C	+12,5	+15,2	+17,2	+19,2	+21,4	+22,8	+24,2	+25,7	+27,0	+28,3	+29,4	+31,1	+31,9	+33,0
+36°C	+14,6	+17,1	+19,4	+21,5	+23,2	+25,0	+26,3	+28,0	+29,3	+30,7	+31,8	+32,8	+34,0	+35,1
+38°C	+16,3	+18,8	+21,3	+23,4	+25,1	+26,7	+28,3	+29,9	+31,2	+32,3	+33,5	+34,6	+35,7	+36,9
+40°C	+17,9	+20,6	+22,6	+25,0	+26,9	+28,7	+30,3	+31,7	+33,0	+34,3	+35,6	+36,8	+38,0	+39,0

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5: Анализ характерных дефектов кровли и причин их возникновения. Расчет кровли на ветровую нагрузку.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующее:

- определите характеристики кровли и вид дефекта;
- рассчитать ветровую нагрузку на кровлю.

Для оценки состояния крыш и кровель используют ВСН 53-86 (р) «Правила оценки физического износа жилых зданий».

Задача 1.

В соответствии с практическим занятием №3 проведите обследование кровли и составьте дефектную ведомость.

Задача 2.

1) Определение кровельной системы здания в соответствии с таблицей 6.7 и индивидуальным заданием.

2) Определите тип местности по табл. 5.1.

Таблица 5.1

Тип местности

п/п	Тип местности	Описание
1	А	Открытые побережья морей, озер и водохранилищ, сельские местности, в том числе с постройками высотой менее 10 м, пустыни, степи, лесостепи, тундра;
2	В	Городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10м;
3	С	Городские районы с плотной застройкой зданиями высотой более 25 м.

Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии $30h$ -

при высоте сооружения h меньше 60 м и на расстоянии 2 км - при h больше 60 м (п.11.1.6 СП 20.13330.2016).

3) Определение аэродинамического коэффициента

3.1 Для плоских покрытий (крыши). Пиковая нагрузка

Для элементов ограждения крыши и узлов их крепления необходимо учитывать пиковые положительные $W+$ и отрицательные $W-$ воздействия ветровой нагрузки, нормативные значения которых определяются по формуле 5.1:

$$w_{+(-)} = w_0 k(z_e) [1 + \xi(z_e)] c_{p,+(-)} v_{+(-)}, \quad (5.1)$$

где w_0 - нормативное значение давления ветра; z - эквивалентная высота (см. СП 20.13330.2016).

Таблица 5.1

Нормативное значение ветрового давления в зависимости от ветрового района [СП 20.13330.2016, табл. 11.1]

Ветровые районы (по карте 2 приложения Е в СП 20.13330.2016)	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
w_0 , кПа	0.17	0.23	0.30	0.38	0.48	0.60	0.73	0.85

Коэффициент $k_{(ze)}$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты $z_e \leq 300$ м определяется по таблице 5.2 [СП 20.13330.2016, табл. 11.2].

Таблица 5.2

Значение коэффициента $k_{(ze)}$ в зависимости от ветрового давления для высоты z_e

Высота z_e , м	Коэффициент k для типа местности		
	A	B	C
<5	0,75	0,50	0,40
10	1,00	0,65	0,40
20	1,25	0,85	0,55
40	1,50	1,10	0,80

60	1,70	1,30	1,00
80	1,85	1,45	1,15
100	2,00	1,60	1,25
150	2,25	1,90	1,55
200	2,45	2,10	1,80
250	2,65	2,30	2,00
300	2,75	2,50	2,20

Коэффициент пульсации давления ветра $\zeta(z_e)$ принимается по таблице 5.3[СП 20.13330.2016, табл. 11.2].

Таблица 5.3

Коэффициент пульсации давления ветра в зависимости от высоты z_e

Высота z_e , м	Коэффициент ζ для типа местности		
	A	B	C
<5	0,85	1,22	1,78
10	0,76	1,06	1,78
20	0,69	0,92	1,50
40	0,62	0,80	1,26
60	0,58	0,74	1,14
80	0,56	0,70	1,06
100	0,54	0,67	1,00
150	0,51	0,62	0,90
200	0,49	0,58	0,84
250	0,47	0,56	0,80
300	0,46	0,54	0,75

Значения коэффициентов корреляции ветровой нагрузки, соответствующие положительному давлению (+) и отсосу (-), $v_{+(-)}$ приведены в таблице 5.4 (СП 20.13330.2016, табл. 11.8) в зависимости от площади ограждения A , с которой собирается ветровая нагрузка. При механическом креплении водоизоляци-

онного ковра площадь ограждения A (м^2) допускается принимать как площадь, приходящуюся на один крепежный элемент.

Таблица 5.4

Значения коэффициентов корреляции ветровой нагрузки в зависимости от площади ограждения

$A, \text{м}^2$	<2	5	10	>20
v^+	1,0	0,9	0,8	0,75
v^-	1,0	0,85	0,750	0,65

Пиковые отрицательные значения аэродинамического коэффициента s_r для отдельно стоящих прямоугольных в плане зданий с плоским покрытием (крышей) приведены в таблице 5.5 [СП 20.13330.2016, табл. В.12], также см. рис. 5.1 [СП 20.13330.2016, рис. В.24].

Таблица 5.5

Пиковое значение

Участок	A	B	C	D	E
s_r	-2,2	-1,2	-3,4	-2,4	-1,5



Рис. 5.1. Зоны плоских перекрытий и стен

3.2 Для двухскатных покрытий

Крыши, включая свесы, подразделяются на зоны по рисунку 5.2 [СП 20.13330.2016, рис. В.4].

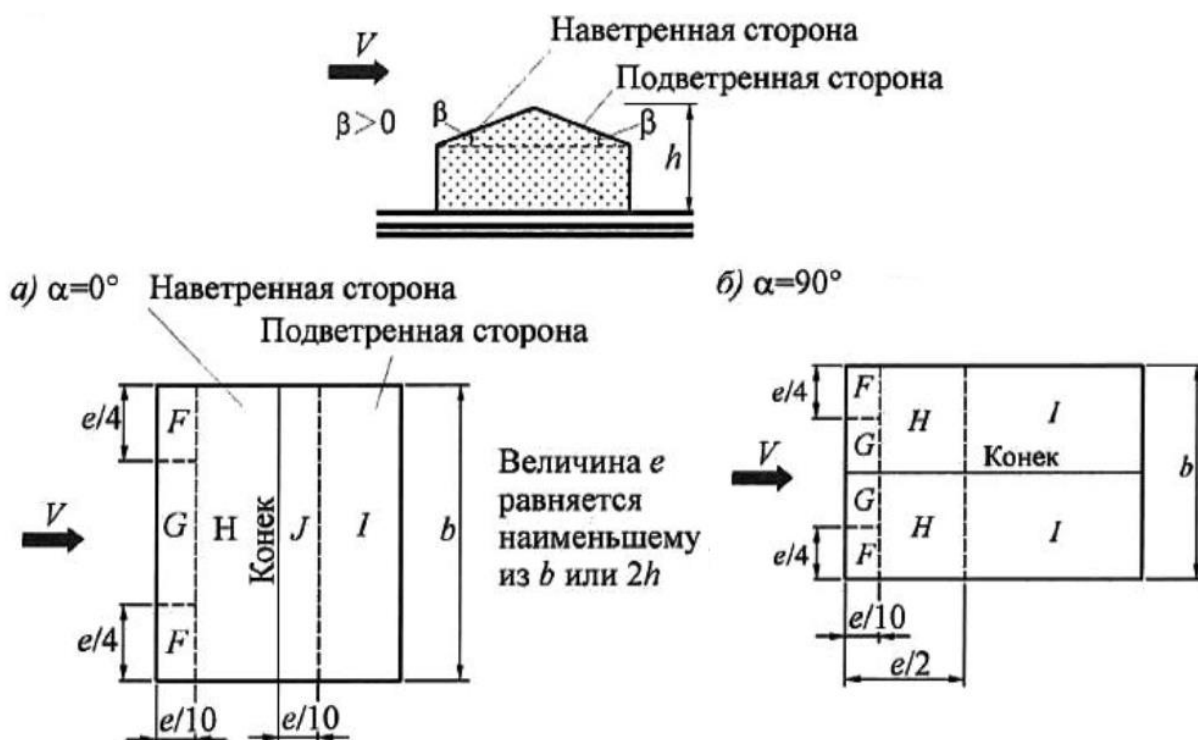


Рис. 5.2. Зоны покрытия

Коэффициенты внешнего давления s_e для каждой зоны, которые следует использовать в расчетах, определяются по таблице 5.6 [СП 20.13330.2016, табл. В.3а] и таблице 5.7 [СП 20.13330.2016, табл. В.3б] в зависимости от направления средней скорости ветра.

Таблица 5.6

Коэффициент внешнего давления s_e для двухскатной (плоской) крыши при $\alpha = 0^\circ$

Угол β	F	G	H	I	J
0°	-1,8	-1,3	-0,7	-0,5	-0,5
15°	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1,0
	0,2	0,2	0,2		
30°	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	0,7	0,7	0,4		
45°	0,7	0,7	0,6	-0,2	-0,3
60°	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3

75°	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
-----	-----	-----	-----	------	------

Таблица 6.6

Коэффициент внешнего давления s_e для двухскатной (плоской) крыши при $\alpha = 90^\circ$

Угол β	F	G	H	I
0°	-1,8	-1,3	-0,7	-0,5
15°	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
30°	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
45°	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
60°	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
75°	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5

4) Расчет кровли на ветровую нагрузку

4.1 Тип кровли а) Кровельная клеевая система

В клеевой системе (рисунок 4.1а и 4.1б СП 20.13330.2016) все слои крыши склеены между собой. Крепление между слоями осуществляется при помощи клеевого состава, горячего кровельного битума или битумосодержащей мастики, наносимые полностью или частично на все контактируемые поверхности слоев крыши (без выравнивающих стяжек). Приклейка битумосодержащих материалов и полимерных мембран к поверхности основания может осуществляться сплошным или частичным наплавлением, или с применением специальных самоклеящихся материалов.

В соответствии с СП 17.13330.2017 (п. 5.1.16) прочность (сила) склеивания (адгезии), F_a (Па), между слоями крыши должна быть не менее $0,05 \text{ МПа} = 50 \text{ кПа}$.

В клеевой системе крыши отрицательная ветровая нагрузка (отсос) W , Па, , не должна превышать силу сцепления F_a , Па, между слоями крыши при условии, что предельные усилия растяжения F_p , Па, теплоизоляционного слоя не менее ветровой нагрузки W : $W < F_a$, если $F_p \geq W$.

При точечной или полосовой 25% – 35%-ной наклейке слоев крыши должно соблюдаться следующее условие: $W < 0,25 F_a$, если $F_p \geq W$.

Таким образом, расчет кровли на крыше клеевой системы сводится к определению (подбору) клеевого состава и утеплителя с показателями адгезии клея и когезии теплоизоляционных плит не менее ветровой нагрузки.

4.2 Тип кровли б) Балластная кровельная система

При свободной укладке (рисунок 4.1в СП 20.13330.2016) водоизоляционного ковра (с проклейкой или сваркой швов) балластный слой принимают таким, чтобы распределенная поверхностная нагрузка от него P_n , Па, превышала величину ветровой нагрузки: $W < P_n$.

К балластной можно отнести систему, в которой выравнивающие монолитная или сборная стяжки уложены свободно на теплоизоляцию или уклонообразующий слой

4.3 Тип в) Кровельная система с механическим креплением водоизоляционного ковра

Данная система (рисунок 4.1г СП 20.13330.2016) включает водоизоляционный ковер из одного или нескольких слоев рулонных (полимерных, битумосодержащих, резиновых) материалов, которые крепятся к несущей конструкции при помощи точечного или линейного крепления.

Условие задачи

Задача 1. Определите характеристики кровли и вид дефекта в соответствии с индивидуальным заданием. Составьте ведомость дефектов для элементов кровли.

Задача 2. Рассчитать ветровую нагрузку W на плоские крыши с кровельной клеевой системой: $b(a) = 60$ м, $d(b) = 40$ м, $h = 36$ м, Тип местности А, Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м.

Варианты ответов

А) 623,5 кПа

Б) 0,6235 кПа

(!) В) 6,235 кПа

Г) 62,35 кПа

Д) 6235 кПа

Полное решение задачи

Схема кровли представлена на рис. 5.3

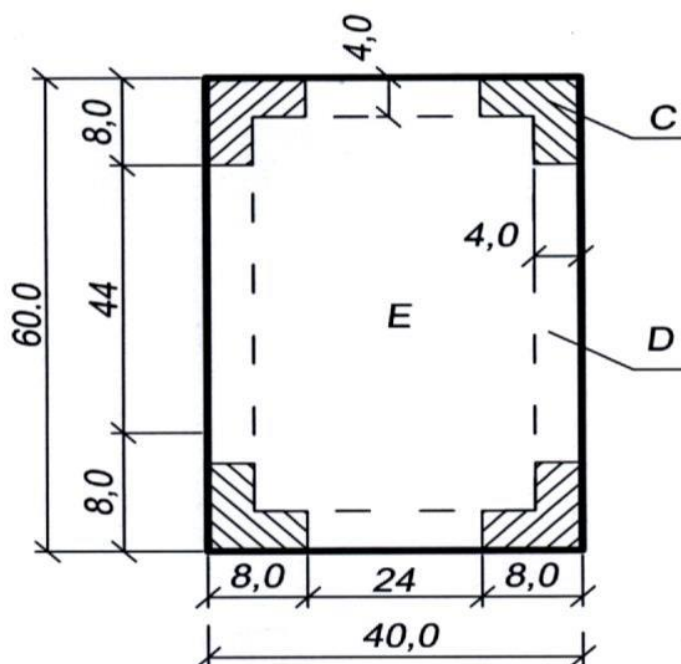


Рис. 5.3. План крыши здания

Дано:

$b(a) = 60 \text{ м}$

$d(b) = 40 \text{ м}$

$h = 36 \text{ м}$

Тип местности А

Крыша плоская с
парапетом высотой

$h_p = 0,9 \text{ м}$

Решение:

1. Определяем ветровую нагрузку района: I, IV и VII.

2. Конструктивные слои крыши (снизу – вверх): несущие железобетонные плиты; пароизоляция из рулонного материала Унифлекс С ЭМС; пенополиизоциануратная плита (PIR), приклеенная к пароизоляционному материалу Унифлекс С ЭМС; водоизоляционный ковер из одного слоя ПВХ-мембраны LOGICROOF V-GR FB.

3. Нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки W_0 (таблица 5.1):

для I – 0,23 кПа, IV – 0,48 кПа и VII – 0,85 кПа.

3.1 По высоте $k(z_e)$ по таблице 5.2:

$40 - 20 = 20 \rightarrow 1,50 - 1,25 = 0,25$; $40 - 36 = 4$; $\rightarrow x = 4 \times 0,25 : 20 = 0,05$. $k(z_e) = 1,50 - 0,05 = 1,45$

3.2 Пульсация ζ определяем по таблицам 11.4:

$40-20=20 \rightarrow 0,69-0,62=0,07; \rightarrow 40-36=4 \rightarrow x = 4 \times 0,07 : 20 = 0,014. \zeta(z_e) = 0,62 + 0,014 = 0,634$

3.3. Пространственную корреляцию ν пульсации давления равна: 0,65.

3.4 Коэффициенты C_e по таблице 5.5 по зонам:

С: для I, IV, VII – -3,4; **D:** для I, IV, VII – -2,4; **E:** для I, IV, VII – -1.5.

4. Средняя составляющая основной ветровой нагрузки W_m по формуле 11.2 СП 20.13330.2016:

для I: $23 \times 1,45 = 0,334$; для IV: $0,48 \times 1,45 = 0,696$; для VII: $0,85 \times 1,45 = 1,233$.

5. Пульсирующая составляющая основной ветровой нагрузки W_p по формуле 11.5 СП 20.13330.2016:

для I: $0,334 \times 0,634 = 0,212$; для IV: $0,696 \times 0,634 = 0,442$; для VII: $1,233 \times 0,634 = 0,782$.

6. Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффициента надежности по нагрузке, равного 1,4 (раздел 11 СП 20.13330.2016):

$W = (W_m + W_p) \times 1,4$, кПа (Н/м²), по зонам:

С: для I - $(0,334 + 0,212) \times 3,4 \times 0,65 \times 1,4 = 1,689$ (1689); для IV - $(0,696 + 0,442) \times 3,4 \times 0,65 \times 1,4 = 3,521$ (3521); для VII - $(1,233 + 0,634) \times 3,4 \times 0,65 \times 1,4 = 6,235$ (6235).

D: для I - 1,193 (1193); для IV - 2,485 (2485); для VII - 4,401 (4401).

E: для I - 0,745 (745); для IV - 1,554 (1554); для VII - 2,751 (2751).

7. Прочность сцепления водоизоляционного ковра с основанием под кровлю N_a (пункт 5.1.16 СП 17.13330.2017), кПа (Н/м²):

для I, IV, VII - 50 (50000).

8. Вывод: из решения следует, что в конструкции крыши строящегося здания наиболее опасной зоной является зона **С**, на которую действует наибольшая ветровая нагрузка (отсос). В связи с этим в зоне **F** сила сцепления слоев крыши N_a и уровень прочности TR_i теплоизоляции (PIR) должны быть больше ветровой нагрузки W .

$W = 6,235 \text{ кПа} \ll N_a = 50 \text{ кПа}$ - требование выполнено;

$W = 6,235 \text{ кПа} \ll TR_i = 40 \text{ кПа}$ – требование выполнено.

При частичной 30 %-ной наклейке водоизоляционного ковра сохраняется условие безопасности крыши здания:

$W = 6,235 \text{ кПа} \ll 50 \times 0,3 = 15 \text{ кПа}$ – требование выполнено.

Задание для самостоятельного решения

Вариант для таблицы 6.7 и Приложения 1 определяются по таблице ниже: I – предпоследняя цифра, II – последняя цифра номера зачетки.

II \ I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 6.7

Варианты задания

Вариант	Данные*	Вариант	Данные*
Вариант 1	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=0^\circ$. Угол $\beta=45^\circ$,	Вариант 16	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=0^\circ$. Угол $\beta=45^\circ$,
Вариант 2	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=90^\circ$. Угол $\beta=45^\circ$,	Вариант 17	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=90^\circ$. Угол $\beta=45^\circ$,
Вариант 3	Плоская. Тип местности А. Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м, (схему 1 (слева направо, сверху вниз) см. СП 20.13330.2017, прил. Б,	Вариант 18	Плоская. Тип местности А. Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м, (схему 1 (слева направо, сверху вниз) см. СП 20.13330.2017, прил. Б, рис. В. 1)

	рис. В. 1)		
Вариант 4	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=0^0$. Угол $\beta=45^0$,	Вариант 19	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=0^0$. Угол $\beta=45^0$,
Вариант 5	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=90^0$. Угол $\beta=45^0$,	Вариант 20	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=90^0$. Угол $\beta=45^0$,
Вариант 6	Плоская. Тип местности А. Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м, (схему 3 (слева направо, сверху вниз) см. СП 20.13330.2017, прил. Б, рис. В. 1)	Вариант 21	Плоская. Тип местности А. Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м, (схему 3 (слева направо, сверху вниз) см. СП 20.13330.2017, прил. Б, рис. В. 1)
Вариант 7	Плоская. Тип местности А. Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м, (схему 1 (слева направо, сверху вниз) см. СП 20.13330.2017, прил. Б, рис. В. 1)	Вариант 22	Плоская. Тип местности А. Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м, (схему 1 (слева направо, сверху вниз) см. СП 20.13330.2017, прил. Б, рис. В. 1)
Вариант 8	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=0^0$. Угол $\beta=45^0$,	Вариант 23	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=0^0$. Угол $\beta=45^0$,
Вариант 9	Плоская. Тип местности А. Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м, (схему 3 (слева направо, сверху вниз) см. СП 20.13330.2017, прил. Б, рис. В. 1)	Вариант 24	Плоская. Тип местности А. Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м, (схему 3 (слева направо, сверху вниз) см. СП 20.13330.2017, прил. Б, рис. В. 1)
Вариант 10	Плоская. Тип местности А. Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м, (схему 1 (слева направо, сверху вниз) см. СП 20.13330.2017, прил. Б, рис. В. 1)	Вариант 25	Плоская. Тип местности А. Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м, (схему 1 (слева направо, сверху вниз) см. СП 20.13330.2017, прил. Б, рис. В. 1)
Вариант 11	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=0^0$. Угол $\beta=45^0$,	Вариант 26	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=0^0$. Угол $\beta=45^0$,

Вариант 12	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=90^0$. Угол $\beta=45^0$,	Вариант 27	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=90^0$. Угол $\beta=45^0$,
Вариант 13	Плоская. Тип местности А. Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м, (схему 3 (слева направо, сверху вниз) см. СП 20.13330.2017, прил. Б, рис. В. 1)	Вариант 28	Плоская. Тип местности А. Крыша плоская с парапетом высотой $h_p = 0,9$ м, (схему 3 (слева направо, сверху вниз) см. СП 20.13330.2017, прил. Б, рис. В. 1)
Вариант 14	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=0^0$. Угол $\beta=45^0$,	Вариант 29	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=0^0$. Угол $\beta=45^0$,
Вариант 15	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=90^0$. Угол $\beta=45^0$,	Вариант 30	Скатная. Тип местности В. Зона $\alpha=90^0$. Угол $\beta=45^0$,

*недостающие данные взять на Ваше усмотрение.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6: Определение влажностных условий эксплуатации ограждающих конструкций. Расчет влажности ограждающей конструкции.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующее:

- определить конструктив несущей стены;
- рассчитать сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции;
- определить температуру на поверхности каждого слоя ограждающей конструкции;
- построить график распределения температур на поверхности и в толще ограждения (стены) в масштабе изменения температур его слоев
- определим температурный перепад;
- определить сопротивление паропроницанию стены;
- определить парциальное давление водяного пара внутри и снаружи стены в условиях насыщения;
- построить график распределения максимального парциального давления водяного пара;
- определить действительное парциальное давление водяного пара внутри и снаружи стены;
- построить график распределения действительного парциального давления водяного пара;
- сделать вывод.

В слоистых ограждающих конструкциях порядок чередования слоев из плотных и пористых материалов имеет важное значение в предупреждении конденсации влаги внутри конструкции. Если часть конструкции, граничащая с отапливаемым помещением, выполнена из пористого материала, а наружная часть – из плотного, то на их границе возможна конденсация влаги, особенно при значительной влажности воздуха в помещении. Наоборот, выполнение внутренней части конструкции из плотного материала, обладающего малой па-

ропроницаемостью, а наружной части – из материала пористого гарантирует ограждающую конструкцию от конденсации влаги. Это наглядно можно проследить в графоаналитическом методе. Развитием графоаналитического метода расчета стационарного влажностного состояния ограждающих конструкций является метод последовательного увлажнения, который учитывает не стационарность диффузии водяного пара и различную ее направленность в отдельные календарные периоды.

В правильно запроектированной конструкции должно обеспечиваться $P_{vp} > 0$. При отрицательном балансе влаги, чтобы исключить систематическое увлажнение ограждения, необходимо устройство у внутренней поверхности конструкции влагоизоляции, например, в виде отделочного слоя из плотных материалов с большим сопротивлением паропрооницанию.

Наружные ограждающие конструкции зданий в теплотехническом и влагоизоляционном отношении должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1) обладать достаточными теплотехническими свойствами, чтобы лучше сохранять тепло в помещениях в холодное время года;
- 2) температура внутренних поверхностей при эксплуатации не должна значительно отличаться от температуры внутреннего воздуха, чтобы избежать конденсата на стенах и на потолках верхних этажей;
- 3) воздухопроницаемость стен здания не должна превосходить допустимого предела; в противном случае помещения будут охлаждаться, а у людей, находящихся вблизи наружных стен, будет ощущение обдувания;
- 4) влажность ограждений должна быть минимальной, так как увлажнение ухудшает их теплозащитные свойства.

Температура внутренней поверхности ограждения является одним из основных санитарно-гигиенических параметров помещения и характеризует теплозащитные свойства ограждения. Вероятность выпадения конденсата на внутренней поверхности ограждения определяется его температурой при заданной температуре и относительной влажности воздуха помещения. Кроме того, тем-

температура внутренней поверхности ограждения характеризует степень комфортности микроклимата помещения, так как с ее понижением усиливается процесс потери тепла телом человека за счет теплоизлучения, что при определенных условиях может вызывать ощущение озноба. В связи с этим на основании санитарных норм ограничивается расчетный температурный перепад Δt_0 °С, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции. Он не должен превышать нормируемого перепада Δt_n °С (СП 50.13330.2012 табл. 5). Определяется по формуле 7.1:

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{R_0 \cdot \alpha_{int}}, \quad (7.1)$$

где n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху (СП 50.13330.2012 табл. 6); t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая согласно нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (СП 50.13330.2012); t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха в холодный период, °С, принимается равной средней температуре наиболее холодного месяца (СП 50.13330.2012 табл. 3*); α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м °С) (СП 50.13330.2012 по табл. 7); R_0 – сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, м²·°С/Вт, определяется по формуле 7.2:

$$R_0 = R_{int} + R_k + R_{ext} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_1^i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}}, \quad (7.2)$$

здесь R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции; δ_i – толщина слоя, м; λ_i – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м °С) (СП 50.13330.2012 прил. Д); α_{ext} – коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м °С) (СП 50.13330.2012 табл. 8).

В условиях стационарного теплового потока температуру внутренней поверхности ограждения определяют по формуле 7.3:

$$\tau_{int} = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_o} \cdot R_{int}, \quad (7.3)$$

Из приведенной формулы видно, что для повышения температуры внутренней поверхности ограждения нужно повысить общее сопротивление теплопередаче или уменьшить сопротивление тепловосприятию. Повышение общего сопротивления теплопередаче неэкономично, так как влечет за собой увеличение массы ограждающих конструкций и расхода материалов.

Уменьшение сопротивления тепловосприятию несущественно понизит общее сопротивление теплопередаче, но окажет значительное влияние на повышение температуры внутренней поверхности стены.

Температура внутренней поверхности остекления окон зданий должна быть не ниже плюс 3° С, то есть: $\tau_{int}^{OK} \geq 3,0^\circ \text{C}$, где τ_{int}^{OK} - температура внутренней поверхности остекления окон зданий, °С.

Температура внутренней поверхности окон определяется по формуле 7.4:

$$\tau_{int}^{OK} = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_o \alpha_{int}}, \quad (7.4)$$

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции *в зоне теплопроводных включений, в углах и оконных откосах* должна быть выше температуры точки росы внутреннего воздуха на 3° С, то есть:

$$\tau_{int}^{HC} \geq t_p + 3,0^\circ \text{C}$$

где τ_{int}^{HC} - температура внутренней поверхности включений и наружного угла, °С; t_p - температура точки росы внутреннего воздуха, °С.

Температура точки росы внутреннего воздуха определяется по формуле 7.5:

$$t_p = 20,1 - (5,75 - 0,00206 \cdot e_{int})^2, \quad (7.5)$$

где e_{int} - упругость водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетной температуре и влажности этого воздуха.

Упругость водяного пара внутреннего воздуха определяется по формуле 7.6:

$$e_{int} = (\varphi_{int}/100) \cdot E_{int}, \quad (7.6)$$

где E_{int} – парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре t_{int} , принимается по СП 50.13330.2012 прил. С; ϕ_{int} – относительная влажность внутреннего воздуха, %, принимаемая 55% согласно требованиям СП 50.13330.2012.

Определить возможность конденсации влаги в толще ограждающей конструкции в условиях стационарного состояния диффузии водяного пара можно графоаналитическим методом. Графоаналитический метод расчета влажностного режима позволяет определить влажностное состояние ограждающих конструкций зданий в установившейся стадии процесса, но не раскрывает течение этого процесса во времени. В умеренном климате в ограждающих конструкциях отапливаемых зданий влагонакопление возможно только в зимний период, в летний – происходит процесс сушки конструкции. В конструкциях, выполненных из плотных малопроницаемых материалов, установленная расчетом конденсация водяного пара может и не наступить, поскольку для стабилизации процесса увлажнения продолжительность холодного периода года окажется недостаточной.

Учитывая высокую инерционность процесса диффузии водяного пара в ограждающих конструкциях по сравнению с теплопередачей за расчетные температуры и парциальные давления пара воды наружного и внутреннего воздуха, принимают среднемесячные значения (или за более длительный период).

Вначале на границах слоев из различных материалов, составляющих конструкцию, определяются температуры t . При этом для вычисления температуры на границах слоев используются формула или графоаналитический метод.

Температура в толще ограждения в любом его сечении определяется по формуле 7.7:

$$T_x = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_o} \cdot (R_{\text{int}} + R_x), \quad (7.7)$$

где R_x – термическое сопротивление конструктивных слоев ограждения, расположенных между внутренней поверхностью ограждения и ее произвольной плоскостью x .

Сопротивление паропрооницанию R_{ip} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, однослойной или отдельного слоя многослойной ограждающей конструкции следует определять по формуле 7.8:

$$R_{ip} = \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (7.8)$$

где δ_i – толщина слоя ограждающей конструкции, м; μ_i – расчетный коэффициент паропрооницаемости материала слоя ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, принимаемый по прил. Д СП 50.13330.2012.

Сопротивление паропрооницанию R_{vp} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, многослойной ограждающей конструкции следует определять по формуле 7.9:

$$\begin{aligned} R_{vp} &= R_{int} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{extp} \\ &= R_{int} + \sum R_{ip} + R_{extp}, \end{aligned} \quad (7.9)$$

Сопротивление паропрооницанию многослойной ограждающей конструкции (или ее части) равно сумме сопротивлений паропрооницанию составляющих ее слоев. Сопротивление паропрооницанию воздушных прослоек в ограждающих конструкциях следует принимать равным нулю независимо от расположения и толщины этих прослоек. В соответствии со значениями вычисленных температур строится кривая упругости насыщенного водяного пара или максимального парциального давления водяного пара E (красный график). Для этого устанавливаем значения парциального давления для каждого слоя конструкции согласно графику распределения температур, с помощью прил. С СП 50.13330.2012. Вычисляются значения парциального давления водяного пара e на границе слоев ограждающей конструкции по формуле 7.10:

$$e_x = t_{int} - \frac{e_{int} - e_{ext}}{R_{vp}} \cdot (R_{intp} + R_{xp}), \quad (7.10)$$

где e_{ext} – упругость водяного пара наружного воздуха определяется по формуле 7.11:

$$e_{ext} = \frac{\varphi_{ext} - E_{ext}}{100}, \quad (7.11)$$

здесь E_{ext} – парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре t_{ext} принимается по СП 50.13330.2012 прил. С; R_{xp} – сопротивление паро-

проницанию конструктивных слоев ограждения, расположенных между внутренней поверхностью ограждения и ее произвольной плоскостью x .

Строится линия распределения водяных паров в толще ограждения. Распределение парциального давления водяного пара в многослойной ограждающей конструкции может быть найдено графически, если рассматриваемую конструкцию изобразить в масштабе сопротивлений паропроницанию, как это делается при определении распределения температур в аналогичной многослойной конструкции при изображении ее в масштабе термического сопротивления.

Зная E и e в каждом сечении рассматриваемой конструкции, можно построить кривую распределения относительной влажности воздуха φ в ограждении. А по кривым сорбции материалов, составляющих конструкцию, построить кривую распределения влажности по сечению рассматриваемой ограждающей конструкции.

Если внутри конструкции не происходит пересечения линий e (синий график) с E (красный график), то это указывает на отсутствие конденсации влаги внутри ограждающей конструкции, поскольку в любом ее сечении парциальное давление водяного пара ниже насыщенного.

При пересечении линий e с E в ограждающей конструкции возможна конденсация влаги. Зона возможной конденсации располагается между точками касания E_{int} и E_{ext} прямых, проведенных из точек e и e_{int} , расположенных на поверхностях конструкции, к линии E .

В помещениях с влажным или мокрым режимом следует предусматривать пароизоляцию теплоизолирующих уплотнителей сопряжений элементов ограждающих конструкций (мест примыкания заполнений проемов к стенам и т. п.) со стороны помещений; сопротивление паропроницанию в местах таких сопряжений проверяется из условия ограничения накопления влаги в сопряжениях за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха на основании расчета температурного и влажностного полей.

Для обеспечения нормируемого сопротивления паропроницанию R_{vpreq1} ограждающей конструкции следует определять сопротивление паропроницанию R_{vp} конструкции в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации.

Независимо от результатов расчета по формулам СП 50.13330.2012 нормируемые сопротивления паропроницанию R_{preq1} и R_{preq2} (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) во всех случаях должны приниматься не более $5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$.

Условие задачи

Выполнить расчет температур в толще ограждения (наружной многослойной стены) и построить график ее распределения для жилого здания по индивидуальному заданию. Проверить соответствие конструкции санитарно-гигиеническим требованиям. Проверить конструкцию на возможность выпадения конденсата на поверхности и внутри конструкции. Сделать выводы. Дано: Район строительства- Кострома. Зона влажности – нормальная. Влажностный режим жилых помещений – нормальный. Условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б. Относительная влажность внутреннего воздуха для жилых помещений - $\varphi = 55\%$, Относительная влажность наружного воздуха - $\varphi = 85\%$. Расчетная температура внутреннего воздуха - $t = 20^\circ \text{C}$. Расчетная температура наружного воздуха - $t = -11,8^\circ \text{C}$. Нормируемый температурный перепад - $\Delta t = 4^\circ \text{C}$. Коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху - $n = 1$. Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций - $\alpha = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{C})$. Коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающих конструкций - $\alpha = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{C})$. Схема показана на рис. 6.1.

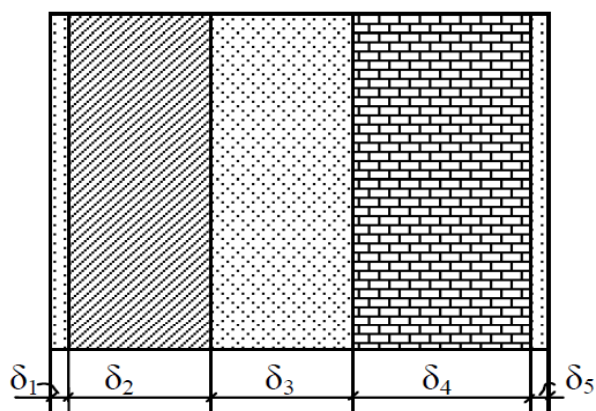


Рис. 6.1. Многослойная стена жилого здания.

Варианты ответов

Ответ дан в следующей последовательности: сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_o , ($\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С}$); сопротивление паропрооницанию стены R_{vp} , ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$)мг.

А) 3638; 133;

Б) 36,38;0,0133;

(!) В) 3,638;0,00133;

Г) 363,8;0,133;

Д) 0,37;0,002;

Полное решение задачи

Данные сведены в таблицу 6.1.

Таблица 6.1.

Многослойная стена жилого здания

№ п/п	Наименование слоя конструкции (материал)	Плот- ность материала ρ_0 , кг/м ³	Коэффици- ент тепло- проводнос- ти λ , Вт/(м [°] С)	Коэф- фициент паропро- ницания μ , мг/ (м·ч·Па)	Толщи- на слоя δ , мм
1	Гипсовая штукатурка	1000	0,35	0,11	$\delta_1 = 5$
2	Железобетон	2500	2,04	0,03	$\delta_2 = 100$
3	Утеплитель Styrofoam1В	28	0,031	0,006	$\delta_3 = 100$
4	Кирпичная облицовка из сплошного глиняного обыкновенного кирпича	1800	0,81	0,11	$\delta_4 = 120$
5	Штукатурка из поризо- ванного гипсоперлитового раствора	500	0,19	0,43	$\delta_5 = 8$

Порядок расчета:

1) Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции определяется по формуле 7.2:

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,35} + \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,1}{0,031} + \frac{0,12}{0,81} + \frac{0,008}{0,19} + \frac{1}{23} = 3,638 \text{ (м}^2 \text{ } ^\circ \text{C)/Вт}$$

2) Температуры на поверхности каждого слоя определяются по формулам 7.3 и 7.1:

-температура на внутренней поверхности ограждения:

$$\tau_1 = 20 - \frac{20 + 11,8}{3,638} * \frac{1}{8,7} = 19,0 \text{ } ^\circ \text{C}$$

-температура на внутренней поверхности 2-о слоя:

$$\tau_2 = 20 - \frac{20 + 11,8}{3,638} * \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,35} \right) = 18,87 \text{ } ^\circ \text{C}$$

-температура на внутренней поверхности 3-о слоя:

$$\tau_3 = 20 - \frac{20 + 11,8}{3,638} * \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,35} + \frac{0,1}{2,04} \right) = 18,44 \text{ } ^\circ \text{C}$$

-температура на внутренней поверхности 4-о слоя:

$$\tau_4 = 20 - \frac{20 + 11,8}{3,638} * \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,35} + \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,1}{0,031} \right) = -9,76 \text{ } ^\circ \text{C}$$

-температура на внутренней поверхности 5-о слоя:

$$\tau_5 = 20 - \frac{20 + 11,8}{3,638} * \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,35} + \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,1}{0,031} + \frac{0,12}{0,81} \right) = -11,05 \text{ } ^\circ \text{C}$$

-температура на наружной поверхности ограждения:

$$\tau_6 = 20 - \frac{20 + 11,8}{3,638} * \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,35} + \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,1}{0,031} + \frac{0,12}{0,81} + \frac{0,008}{0,19} \right) = -11,42 \text{ } ^\circ \text{C}$$

3) Для наглядности расчета построим график распределения температур на поверхности и в толще ограждения (стены) в масштабе изменения температур его слоев (рис. 6.2).

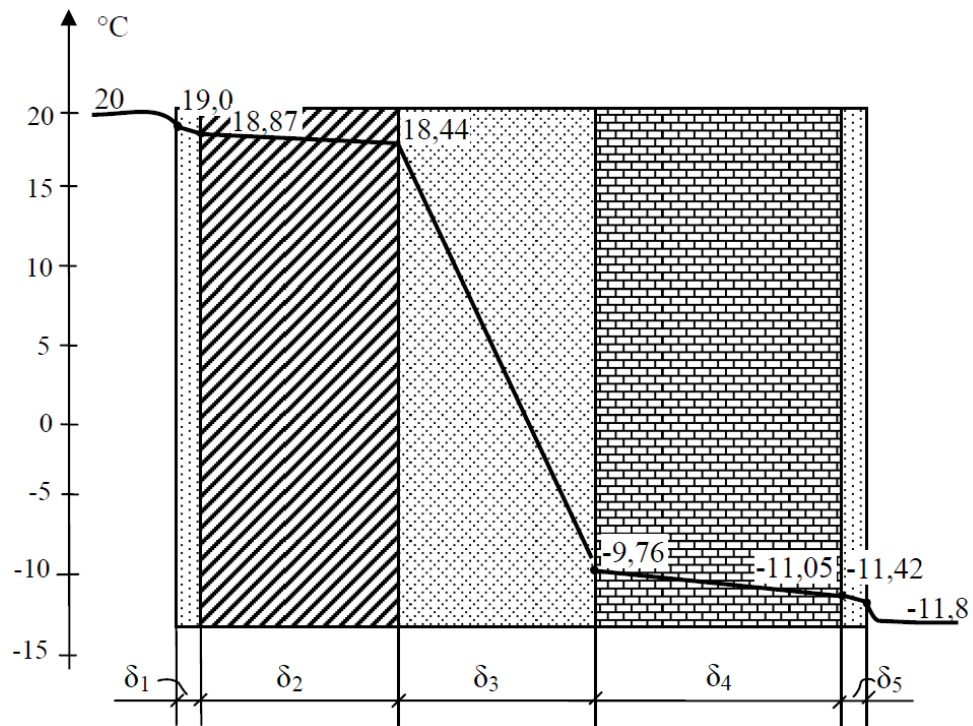


Рис. 6.2. График распределения температур в толще ограждения.

4) Определим температурный перепад: $\Delta t_0 = \frac{1 \cdot (20 + 31)}{3,638 \cdot 8,7} = 1,61^\circ \text{C}$

$\Delta t_0 < \Delta t_n$, следовательно, конструкция удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам.

5) Для проверки конструкции на наличие зоны конденсации внутри стены определяем сопротивление паропроницанию стены по формуле 7.9:

$$R_{vp} = 0,00266 + \frac{0,005}{0,11} + \frac{0,1}{0,03} + \frac{0,1}{0,006} + \frac{0,12}{0,11} + \frac{0,008}{0,43} + 0,00133 = 21,159 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)мг}$$

6) Определяем парциальное давление водяного пара внутри и снаружи стены в условиях насыщения и строим график распределения максимального парциального давления водяного пара (Е – красный график рис. 6.3). Для этого устанавливаем значения парциального давления для каждого слоя конструкции согласно графику распределения температур (см. табл. 6.2).

Таблица 6.2.

t_{int}	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ_6	t_{ext}
20	19,0	18,87	18,44	-9,76	-11,05	-11,42	-11,8
E_{int}	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_{ext}
2338	2197	2179	2121	265	237	229	221

7) Определяем действительное парциальное давление водяного пара внутри и снаружи стены и строим график распределения действительного парциального давления водяного пара (e – синий график рис. 6.3).

Для этого устанавливаем значения парциального давления снаружи конструкции по формулам 7.10 и 7.11:

$$e_{int} = 55 * \frac{2338}{100} = 1286 \text{ Па}$$

$$e_{ext} = 85 * \frac{221}{100} = 188 \text{ Па}$$

Рассчитаем действительное парциальное давление e_i на границах слоев, нумеруя от внутренней поверхности к наружной:

-давление на внутренней поверхности ограждения:

$$e_1 = 1286 \text{ Па}$$

- давление на внутренней поверхности 2-о слоя:

$$e_2 = 1286 - 1286 - \frac{188}{21,159} * (0,00266 + \frac{0,005}{0,11}) = 1283 \text{ Па}$$

- давление на внутренней поверхности 3-о слоя:

$$e_3 = 1286 - 1286 - \frac{188}{21,159} * (0,00266 + \frac{0,005}{0,11} + \frac{0,1}{0,03}) = 1111 \text{ Па}$$

- давление на внутренней поверхности 4-о слоя:

$$e_4 = 1286 - 1286 - \frac{188}{21,159} * (0,00266 + \frac{0,005}{0,11} + \frac{0,1}{0,03} + \frac{0,1}{0,006}) = 246 \text{ Па}$$

- давление на внутренней поверхности 5-о слоя:

$$e_5 = 1286 - 1286 - \frac{188}{21,159} * (0,00266 + \frac{0,005}{0,11} + \frac{0,1}{0,03} + \frac{0,1}{0,006} + \frac{0,12}{0,11}) = 190 \text{ Па}$$

- давление на внешней поверхности ограждения:

$$e_6 = 1286 - 1286 - \frac{188}{21,159} * (0,00266 + \frac{0,005}{0,11} + \frac{0,1}{0,03} + \frac{0,1}{0,006} + \frac{0,12}{0,11} + \frac{0,008}{0,43}) = 189 \text{ Па}$$

При сравнении величин максимального парциального давления E_i водяного пара и величин действительного парциального давления e_i водяного пара на соответствующих границах слоев видим, что все величины e_i ниже величин E_i , что указывает на отсутствие возможности конденсации водяного пара в ограждающей конструкции.

Для наглядности расчета построим график распределения максимального парциального давления E_i водяного пара и график изменения действительного парциального давления e_i водяного пара по толще стены в масштабе сопротивлений паропроницанию его слоев (рис. 6.3). Очевидно, что эти кривые не пересекаются, что также доказывает невозможность образования конденсата в ограждении.

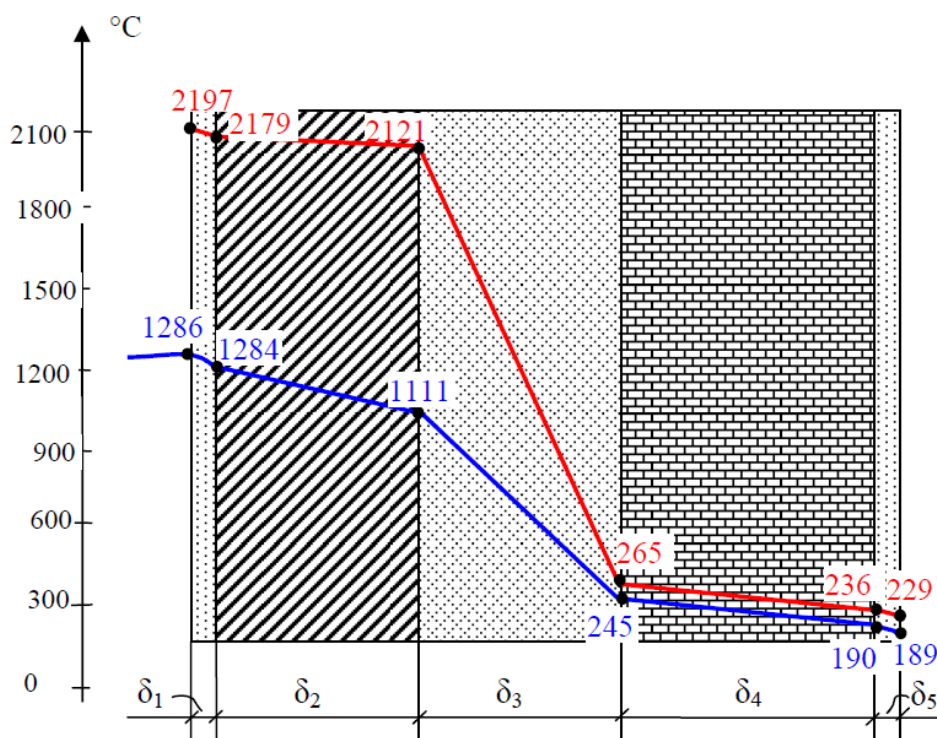


Рис. 6.3. Графики распределения действительного и максимального парциального давления водяного пара в толще ограждения

Задание для самостоятельного решения

Исходные данные смотреть в практических занятиях № 2 и № 3.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7: Определение воздухопроницаемости конструкций. Расчет сопротивления воздухопроницанию наружных ограждающих конструкций»

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующее:

- определить сопротивление воздухопроницанию ограждающей конструкции в соответствии с индивидуальным заданием.

Сопротивление воздухопроницанию ограждающей конструкции, за исключением заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей), зданий и сооружений должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию.

Нормируемая поперечная воздухопроницаемость (G_H) должна соответствовать значениям, указанным в табл. 9 СП 50.13330.2012:

- жилых, общественных и бытовых зданий – $0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; - производственных зданий и помещений – $1,0 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Воздухопроницаемость конструкции зависит от показателей сопротивления воздухопроницанию материалов этой конструкции. Нормируемое сопротивление воздухопроницанию $R_u^{\text{тр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{кг}$, определяется по формуле 7.1:

$$R_u^{\text{тр}} = \frac{\Delta p}{G_H} \quad (7.1)$$

где Δp – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па, определяется по формуле 7.2:

$$a\Delta p = 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_H - \gamma_B) + 0,03 \cdot \gamma_H \cdot v^2, \quad (7.2)$$

где H – высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), м; v – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая по СП130.13330.2018; γ_H, γ_B – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, $\text{Н}/\text{м}^3$, определяемый по формуле 7.3:

$$\rho_H = \frac{353}{273 + t_{H(B)}}, \quad (7.3)$$

Фактические показатели сопротивления воздухопроницанию определяются как сумма значений сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции по формуле 7.4:

$$R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un}, \quad (7.4)$$

где $R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un}$ - сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$. Значения показателей принимаются по СП 50.13330.2012.

Условие задачи

Определить сопротивление воздухопроницанию ограждающей конструкции в соответствии с индивидуальным заданием. Давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций жилого дома соответствует значению $\Delta p = 89,23 \text{ Па}$. Исходные данные см. таюл. 7.1.

Таблица 7.1

Сопротивление воздухопроницанию слоев ограждающей конструкции

Материалы конструкции	Нормативные, справочные данные, паспорта продукции		Показатели для объекта	
	Толщина слоя, м	Сопротивление воздухопроницанию, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$	Толщина слоя, м	Сопротивление воздухопроницанию (R_u), $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$
Гипсовая штукатурка	0,01	20	0,02	40
Блок андезитобазальтовый	0,4	13	0,19	6,18
Монолитный железобетон	0,1	20000	0,2	40000
Плита минераловатная «Изовер-ВентФасад-Низ»	0,05	2	0,12	4,8
Плита минераловатная «Роквул-ВентиБаттс»	0,05	2	0,05	2

Варианты ответов

Дайте ответ в виде неравенств выполнения условия $R_u \geq R_u^{\text{тр}}$.

(!) А) $53 > 178,5; 40047 > 178,5$.

Б) $53 > 178,5; 40047 > 178,5$.

В) $53 > 178,5; 40047 > 178,5$.

Г) $53 = 178,5; 40047 > 178,5$.

Д) $53 > 178,5; 40047 > 178,5$.

Указание (подсказка)

В рассматриваемом примере ограждающая конструкция образована двумя видами материалов: андезитобазальтовым блоком и монолитным железобетоном. Значения сопротивления воздухопроницанию у них разные, поэтому контроль параметров поперечной воздухопроницаемости на соответствие нормируемым значениям следует выполнять отдельно для двух участков фасада.

Полное решение задачи

Назность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций жилого дома соответствует значению $\Delta p = 89,23$ Па.

Нормируемое сопротивление воздухопроницанию:

$$R_u^{\text{тр}} = 89,23 : 0,5 = 178,5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}.$$

Фактические значения сопротивления воздухопроницанию слоев ограждающей конструкции рассматриваемого объекта представлены в таб.7.1.

В рассматриваемом примере ограждающая конструкция образована двумя видами материалов: андезитобазальтовым блоком и монолитным железобетоном. Значения сопротивления воздухопроницанию у них разные, поэтому контроль параметров поперечной воздухопроницаемости на соответствие нормируемым значениям следует выполнять отдельно для двух участков фасада.

Сопротивление воздухопроницанию фрагментов ограждающей конструкции, образованных андезитобазальтовым блоком:

$$R_u = 40 + 6,18 + 4,8 + 2 = 53 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}.$$

Сопротивление воздухопроницанию железобетонных фрагментов ограждающей конструкции:

$$R_u = 40 + 40000 + 4,8 + 2 = 40047 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}.$$

Сопротивление воздухопроницанию ограждающей конструкции должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию, т. е. должно

выполняться условие $R_u \geq R_u^{\text{тр}}$. На участках фасада, образованных андезитобазальтовым блоком, данное условие не выполняется. Таким образом, ограждающая конструкция жилого дома не соответствует требованиям СП 50.13330.2012.

Задание для самостоятельного решения

Смотрите исходные данные в практических занятиях № 2 и № 3.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8: Анализ характерных дефектов фасадов и причин их возникновения. Расчет элементов навесного вентилируемого фасада на ветровую нагрузку.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующее:

- построить план здания в М1:100;
- построить фасад в М1:100;
- собрать исходные данные (высота, длина и ширина здания, площадь фасада, площадь окон);
- определить направление здания по отношению к сторонам света;
- определить плотность воздуха снаружи и внутри здания;
- определить разность удельного веса воздуха снаружи и внутри здания;
- определить избыточного гравитационного давления на уровне земли;
- определить избыточное ветровое давление на наветренном фасаде;
- определить избыточное ветровое давление на боковом фасаде, Избыточное ветровое давление на боковом фасаде;
- рассчитать направления ветра на n-й фасад (сторона света) ;
- оформить работу и сделать вывод.

На светопрозрачные ограждающие конструкции, системы вентилируемого фасада, а также участки планарного остекления действуют постоянные и временные нагрузки. К постоянным нагрузкам относится собственный вес подсистем, утеплителя и облицовки. Временные нагрузки – это ветер, снег, дождь.

Современные фасадные системы, это не просто красивая облицовка, а несущая стена с функциями тепловой и акустической защиты. Поэтому надо правильно рассчитать несущую способность каждой алюминиевой или стальной конструкции под действием постоянных и временных нагрузок.

Расчет ветровой, снеговой и дождевой нагрузок необходимо проводить согласно СП 20.13330 2011.

Алгоритм проектирования и расчета строительной конструкции

Расчет любой фасадной системы осуществляется по определённом алгоритму:

Рисуется схема строительной конструкции с указанием всех элементов и их особенностей. На основе конструктивной создаётся расчетная схема. На неё наносятся все нормативные и расчетные нагрузки, силы и моменты.

Отдельные нагрузки собираются в одну. Этот процесс называется сбор нагрузок и указание вектора их действия.

Расчёт статической конструкции по правилам и законам строительной механики. В результате расчётов выводятся усилия в элементах строительной конструкции.

По полученным результатам производится подбор сечения профиля, колонны, ригеля, балки, оконного каркаса.

Осуществляется проверка полученной конструкции по второму предельному состоянию. Проверяется жесткость системы с учётом прогибов, кренов, кручения.

Проводится проверка по первому предельному состоянию. Определяется прочность и надёжность системы, а также пространственная устойчивость и срок эксплуатации.

Проектирование узловых соединений. Подбор сечения и размера кронштейнов, болтов, заклёпок и других крепёжных элементов.

Расчет инфильтрации – это расчет за счет давления на стену воздухопроницаемости ограждений. Разностью масс создается давление на стену.

Также при расчете тепловых потерь дома в теплотехнике встречается понятие того, что в зависимости от положения стен относительно сторон света меняются теплопотери. И разница между стеной, расположенной на север и стеной, смотрящей на юг всего 10% (см. рисунок 8.1).

Сторона света	β
Юг	1
Север	1,1
запад	1,05
восток	1,05

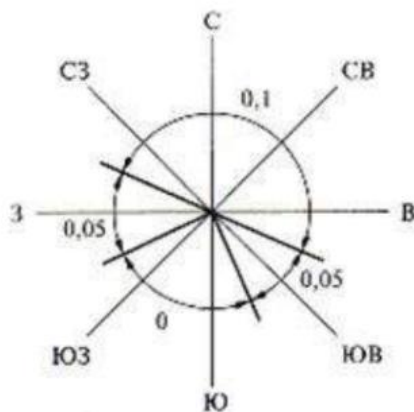


Рис. 8.1. Зависимость коэффициента β от сторон света.

Начертите чертежи для дальнейшей работы: план 1-ого этажа, фасад с четырех сторон (масштаб 1:100) - в соответствии с индивидуальным заданием. Определите характеристики жилого здания, которые указаны в условии задания. При подсчете общей площади окон рассчитайте отдельно площади окон ориентировочно сторонам света, $F_{\text{сторона света}}$, м^2 (формула 8.7: $F_{n1}; F_{n2}; F_{n3}; F_{n4} \dots F_{n-n}$).

По данным таблицы 1.2 (Практическое занятие №1) определите сопротивление окон воздухопроницанию $R_{\phi_{и}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг}$. Экономайзерный коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока в конструкции окна принять $A_{э} = 0,8$. Средние величины аэродинамических коэффициентов фасада принять равные: наветренный фасад – $C_H = + 0,8$; заветренный фасад – $C_3 = - 0,6$ боковой фасад – $C_B = - 0,4$.

8.1 Предварительный расчет

8.1.1 Определим плотность воздуха снаружи и внутри здания по формуле 8.1 и 8.2:

$$\rho_H = \frac{353}{273 + t_H}, \quad (8.1)$$

$$\rho_B = \frac{353}{273 + t_B}, \quad (8.2)$$

где t_H , t_B – температура наружного и внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

8.1.2 Определим разность удельного веса воздуха снаружи и внутри здания $\Delta\gamma$, $\text{Н} / \text{м}^3$, по формуле 8.3:

$$\Delta\gamma = 9,81 \cdot (\rho_H - \rho_B), \quad (8.3)$$

8.1.3 Максимальная величина избыточного гравитационного давления на уровне земли, Па, определяется по формуле 8.4:

$$P_r = H_1 \cdot \Delta\gamma, \quad (8.4)$$

где H_1 – высота от середины окна до устья вентиляционной шахты, м;

8.1.4 Избыточное ветровое давление на наветренном фасаде, Па, определяется по формуле 8.5:

$$P_{VH} = (C_H - C_3) \cdot \rho_n \cdot \frac{v_H^2}{2}, \quad (8.5)$$

где C_H , C_3 – средние величины аэродинамических коэффициентов фасадов: наветренный фасад $C_H = +0,8$; заветренный фасад $C_3 = -0,6$; v_H – скорость ветра, м/с, определяется по району в соответствии с СП 20.13330.2016.

8.1.5 Избыточное ветровое давление на боковом фасаде, Па, определяется по формуле 8.6:

$$P_{VB} = (C_B - C_3) \cdot \rho_n \cdot \frac{v_H^2}{2}, \quad (8.6)$$

где C_B – средняя величина аэродинамических коэффициентов бокового фасада $C_B = -0,4$.

8.2 Расчет направления ветра на n-й фасад (сторона света)

8.2.1 Вычисляем внутреннее избыточное давление воздуха в здании по формуле 8.7:

$$P_{в.изб.} = \frac{P_{VH} \cdot F_{n1} + P_{VB} \cdot F_{n2} + P_{VB} \cdot F_{n3}}{F_{n1} + F_{n2} + F_{n3} + F_{n4}}, \quad (8.7)$$

где $F_{n1}; F_{n2}; F_{n3}; F_{n4} \dots F_{n-n}$ – общая сумма площадей окон выходящих на определённую сторону света, м².

Вычисляем ветровую составляющую P_o , Па, по формуле 8.8:

$$P_o = P_{ог} + P_{в.изб.}, \quad (8.8)$$

где $P_{ог}$, Па, гравитационная составляющая $P_{ог}$, Па, определяется по формуле 8.9:

$$P_{ог} = 0,5 \cdot P_r, \quad (8.9)$$

8.2.2 Вычисляем избыточное давление воздуха с наветренной стороны здания на уровне центра окон каждого этажа:

Для 1-ого этажа рассчитывается по формуле 8.10 и 8.11:

$$P_{HГ} = H_1 + h_{1э.}, \quad (8.10)$$

$$P_{H1э} = P_{HГ} + P_{VН}, \quad (8.11)$$

Для 2-ого этажа рассчитывается по формуле 8.12 и 8.13:

$$P_{HГ} = (H_1 + h_{2э.}) \cdot \Delta\gamma, \quad (8.12)$$

$$P_{H2э} = P_{HГ} + P_{VБ}, \quad (8.13)$$

8.2.3 Вычисляем расчетную разность давления с двух сторон окон каждого этажа (при условии $\Delta P_3 > 0$):

Для 1-ого этажа рассчитывается по формуле 8.14:

$$\Delta P_{1э} = P_{H1э} + P_o, \quad (8.14)$$

Для 2-ого этажа рассчитывается по формуле 8.15:

$$\Delta P_{2э} = P_{H2э} + P_o, \quad (15)$$

8.2.4 Вычисляем расчет воздуха, проходящего через 1 м² окна на каждом этаже (только для наветренной стороны):

Для 1-ого этажа рассчитывается по формуле 8.16:

$$g_{инф1э} = \frac{1}{R_{и\Phi}} \cdot \left(\frac{\Delta P_{1э}}{10} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (8.16)$$

Для 1-ого этажа рассчитывается по формуле 8.17:

$$g_{инф2э} = \frac{1}{R_{и\Phi}} \cdot \left(\frac{\Delta P_{2э}}{10} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (8.17)$$

8.2.5 Вычисляем удельный поток теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха:

Для 1-ого этажа рассчитывается по формуле 8.18:

$$q_{инф1э} = 0,278 \cdot g_{инф1э} \cdot c_v \cdot (t_v - t_n) \cdot A_{э}, \quad (8.18)$$

Для 2-ого этажа рассчитывается по формуле 8.19:

$$q_{инф2э} = 0,278 \cdot g_{инф2э} \cdot c_v \cdot (t_v - t_n) \cdot A_{э}, \quad (8.19)$$

8.2.6 Коэффициент остекленности i-го фасада (контрольная величина) определяется по формуле 8.20:

$$f_{ост} = \frac{\sum F_{nn}}{F_{фасада}}, \quad (7.4)$$

8.3 Оформление

Данные расчета сводятся в таблицу 8.1 и 8.2.

Таблица 8.1

Расчет избыточного давления воздуха в здании

№ фасада	Высота H_1 , м	Длина L, ширина B.. м	$F_{\text{фасада}}$, м^2	$F_{\text{нп}}$, м^2	$f_{\text{ост}}$	$P_{\text{ог}}$	$P_{\text{в.изб.}}$	P_o
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Таблица 8.2

Расчет удельных потерь теплоты от инфильтрации

Сторона света	Этаж	$H_{lэ}$, м	$P_{\text{нг}}$	$P_{\text{н1э}}$	$\Delta P_{1э}$	$g_{\text{инф1э}}$	$q_{\text{инф1э}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
СВ	1-й						
СЗ							
...							
СВ	2-й						
СЗ							
...							

В виде гистограммы с группировкой изобразите результат расчетов. Сделайте вывод.

8.3 Расчет элементов конструкций фасадных систем

Расчет элементов фасадных систем выполняется на воздействие постоянных и временных нагрузок. Расчет производится по следующему расчетному сочетанию:

1. Постоянные нагрузки (собственный вес системы и облицовки) и временная (ветровая);
2. Ветровая нагрузка рассматривается для двух участков фасада здания:
 - 1) угловой зоны (1,5м от угла здания);
 - 2) рядовой зоны.

Прочностные расчеты по первому предельному состоянию включают проверку на прочность вертикальных направляющих, кронштейнов, заклепочных соединений воспринимающих нагрузки от расчётных значений их собственного веса, веса фасадных облицовок, от давления ветра и гололедных нагрузок. В связи с тем, что утеплитель крепится специальными тарельчатыми дюбелями непосредственно к стенам здания, в расчете каркаса его вес не учитывается.

Расчёты по второму предельному состоянию на деформативность конструкций ведутся с использованием нормативных значений действующих на конструкцию нагрузок.

Усилия: изгибающие моменты, поперечные и продольные силы, прогибы определяются с использованием основных положений сопротивления материалов.

При проверке прочности элементов и соединений коэффициенты надежности по нагрузкам γ_f , принимается по СП 20.13330, единый коэффициент надежности по назначению $\gamma_n=1$ принимается по МДС 20-1.2006.

Коэффициент надежности по гололедной нагрузке принимается по СП 20.13330.

Кроме того, при расчете анкерных креплений на прочность фирмой- разработчиком должны быть учтены несущие способности анкерных креплений, определенные в процессе испытания на стенах возводимых объектов, в соответствии с СТО ФЦС-44416204-010-2010.

Вентилируемый фасад (система вентилируемого фасада (СВФ)) - составная конструкция, включающая стальной каркас, утеплитель и облицовку фасадной стены здания с вентилируемым воздушным зазором между утеплителем и облицовкой.

Кронштейн - консольная опорная деталь для крепления направляющих профилей к стене, представляющая собой стальной гнутый уголок с ребром жесткости. Различают 2 типа кронштейнов - кронштейн опорный (непосредственно крепится к стене) и кронштейн подвижной.

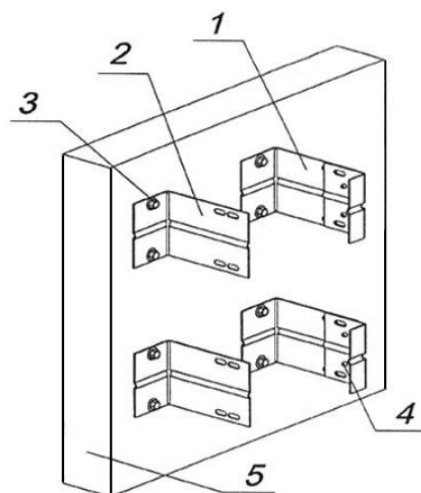


Рис. 8.2 - Крепление кронштейнов.

1 - кронштейн составной; 2 - кронштейн опорный; 3 - анкер; 4 - заклепки (самонарезающие винты); 5 - стена.

8.4 Расчет кронштейнов

Кронштейны рассчитываются на действие вертикальной нагрузки (собственный вес каркаса, фасадная облицовка и гололёд) и горизонтальной нагрузки равной максимальной опорной реакции от ветровой нагрузки.

В рассматриваемых системах при многопролётных схемах применяется жёсткое крепление направляющих ко всем кронштейнам, поэтому вес конструкции распределяется равномерно между всеми кронштейнами.

8.4.1. Сечения кронштейнов

В таблице 8.3 приведены геометрические характеристики сечений кронштейнов марки КР-С, КРУ-1р, КРУ-2р, КНс-27, КНс-28/1.

Таблица 8.3

Геометрические характеристики сечений кронштейнов

Марка кронштейна	Сечение		A , см ²	J_x , см ⁴	W_x , см ³	y_l , см	J_y , см ⁴	W_y , см ³
	Ширина	t , мм						
Кронштейн КР-С								
КР-С	90	2,0	2.00	0.13	0,17	0,22	12.23	2.72
Кронштейн КРУ-1р								
КРУ-1р	90	2,0	2.00	0.13	0,17	0,22	12.23	2.72
Кронштейн КРУ-2р								
КРУ-2р	92	2,0	2.24	0,21	0.31	0,24	15,6	3,39
Кронштейн КНс-27 (полусечение)								
КНс-27	70	2	2,00	12,23	2,72	4,5	0,13	0,17
Кронштейн КНс-28/1 (полусечение)								
КНс-28/1	70	2	2,00	12,23	2,72	4,5	0,13	0,17

8.4.2 Расчёт кронштейнов с горизонтально ориентированной плоскостью консоли

1. Расчет кронштейна на прочность

В кронштейнах проверяются сечение на консоли наиболее приближенное к опоре и сечение на опорной части по краю шайбы анкерного элемента. Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений показано на рис. 8.3.

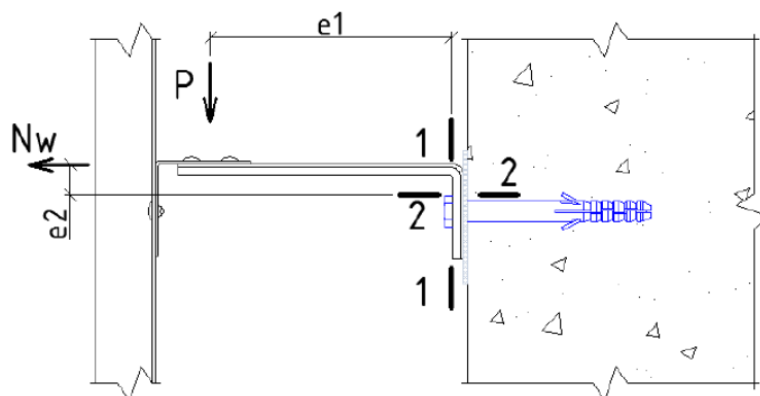


Рис.8.3. Расчётная схема кронштейна с вертикально ориентированной плоскостью консоли

Сечение 1-1 консоли кронштейна

Расчёт сечения на прочность σ_{1-1} , кг/см², проводится согласно формуле 8.21:

$$\sigma_{1-1} = \frac{N_{1-1}}{A_{1-1}} + \frac{M_{x_{1-1}}}{W_{x_{1-1}}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \quad (8.21)$$

где $N_{1-1} = N_{w_max}$ – максимальная опорная реакция от ветровой нагрузки. Определяется по табл. 8.4 в зависимости от расчётной схемы направляющей, кг;

Таблица 8.4

Формулы для расчета изгибающих моментов в направляющей и опорных реакций

Моменты и опорные реакции	Расчётные схемы			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
$M_{оп. max}$	$0,0833 * q_w * L_1^2$	$-0,125 * q_w * L_1^2$	$-0,100 * q_w * L_1^2$	$0,107 * q_w * L_1^2$
$M_{пр. max}$	$0,0417 * q_w * L_1^2$	$0,070 * q_w * L_1^2$	$0,080 * q_w * L_1^2$	$0,077 * q_w * L_1^2$
N_{w_max}	$0,500 * q_w * L_1$	$1,250 * q_w * L_1$	$1,100 * q_w * L_1$	$1,143 * q_w * L_1$

Обозначения табл. 8.4:

q_w - расчетная погонная ветровая нагрузка на направляющую, кг/м, находится по формуле 8.22:

$$q_w = w \cdot B \cdot k_{нер}, \quad (8.22)$$

где w – расчетное значение средней составляющей ветровой нагрузки, кг/см²; B – шаг направляющих, м (см. рис. 8.4); $k_{нер}$ – коэффициент неразрезности, учитывающий передачу ветровой нагрузки с облицовки как с многопролетной балки (при опирании облицовки на три и более направляющих для листовых облицовок). Для промежуточных направляющих $k_{нер}$ равно:

- при однопролетной схеме $k_{нер}=1,0$;
- при двухпролетной схеме $k_{нер} =1,25$;
- при трехпролетной схеме $k_{нер} =1,1$;
- при четырехпролетной схеме $k_{нер} =1,143$;
- при пяти и более пролетной схеме $k_{нер} =1,132$.

L_1 – пролёт направляющей (вертикальный шаг кронштейнов) (см. рис.8.4).

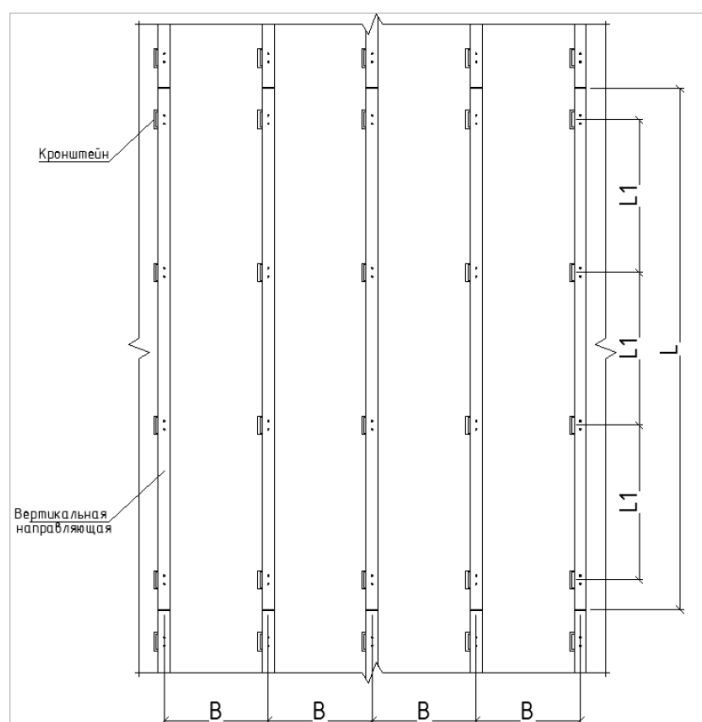


Рис.8.4. Схема крепления направляющих:

B – шаг направляющих, м; $L1$ – пролет направляющей (вертикальный шаг кронштейнов), м; L – длина направляющей, м.

$M_{x_{1-1}}$ – максимальный опорный момент, кг·см, определяется по формуле 8.23:

$$M_{x_{1-1}} = P \cdot e_1, \quad (8.23)$$

где e_1 – см. рис. 8,3, см; P – собственный вес конструкций, кг, определяется по формуле 8.24):

$$P = G_{обл} \cdot \gamma_{обл} \cdot L \cdot B + G_{напр} \cdot \gamma_{напр} \cdot L, \quad (8.24)$$

где $G_{обл}$ - нагрузка от собственного веса облицовки, принимаемая по документам изготовителя, кг/см²; $\gamma_{обл}$ - коэффициент надежности по нагрузке для облицовки, 1,1; L - длина направляющей, см.; B - шаг направляющих, см; $G_{напр}$ - масса направляющей по документам изготовителя (см. прил. 1), кг/см; $\gamma_{напр}$ - коэффициент надежности по нагрузке для направляющей $\gamma_{напр}=1$.

A_{1-1} – площадь сечения, см. табл. 8.3, см²; $W_{x_{1-1}}$ – момент сопротивления сечения по табл. 8.3 настоящих рекомендаций, см³; R_y – предел текучести стали, см. табл. 8.5, кг/см².

Таблица 8.5

Материалы, применяемые для производства фасадных систем

Марка стали	ГОСТ, ТУ	Значения гарантированные нормами, МПа (кг/мм ²)		Расчётные сопротивления, МПа (кг/мм ²)		
		σ_u	$\sigma_{0,2}$	R_y	R_s	R_{bp}
AISI 430	ASTM A240	450(46)	260(26,5)	245(25)	140(14,5)	605(62)
AISI 321	ASTM A240	530(53)	220(22,5)	210(21,5)	120(12,5)	760(77,5)
AISI 304	ASTM A240	515(52,5)	205(21)	200(20,5)	115(12)	680(70)
12X15Г9НД	ТУ РМО-006/05	600(61)	280(28,5)	275(28)	160(16)	775(79)
12X18Н10Т	ГОСТ 5582-75	530(54)	205(21)	200(20,5)	115(12)	680(70)
08X18Н10Т ¹⁾	ГОСТ 5582-75	550(56)	216(22)	210(21,5)	120(12)	710(72)
08пс ХП, ПК	ГОСТ 14918-80	330(34)	225(23)	220(22,5)	125(13)	475(48)

1) Для данной стали не нормируется предел текучести (табл.1 ГОСТ 5582-75). По согласованию с потребителем сталь изготавливается сповышенными механическими свойствами, что показано в данной таблице (табл.1а ГОСТ 5582-75).

γ_n – коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n=1,0$ для расчета элементов ограждения (п.9 МДС 20-1.2006).

Сечение 2-2 опорной части кронштейна

Расчёт сечения на прочность σ_{2-2} , кг/см², проводится согласно формуле 8.25:

$$\sigma_{2-2} = \frac{M_{x_{2-2}}}{W_{x_{2-2}}} + \frac{N_{w_{max}} \cdot e_2}{W_{x_{2-2}}} + \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \quad (8.25)$$

$M_{x_{2-2}}$ – максимальный опорный момент, кг·см, определяется по формуле 8.23; где e_2 – расстояние от оси приложения силы $N_{w_{max}}$ до сечения 2-2, см;

N_{w_max} – ; W_{x_2-2} – момент сопротивления сечения по табл. 8.3. настоящих рекомендаций, см³;

2. Расчёт узла крепления кронштейна к стене

Кронштейн крепится к стене одним анкерным элементом (см. рис. 8.5).

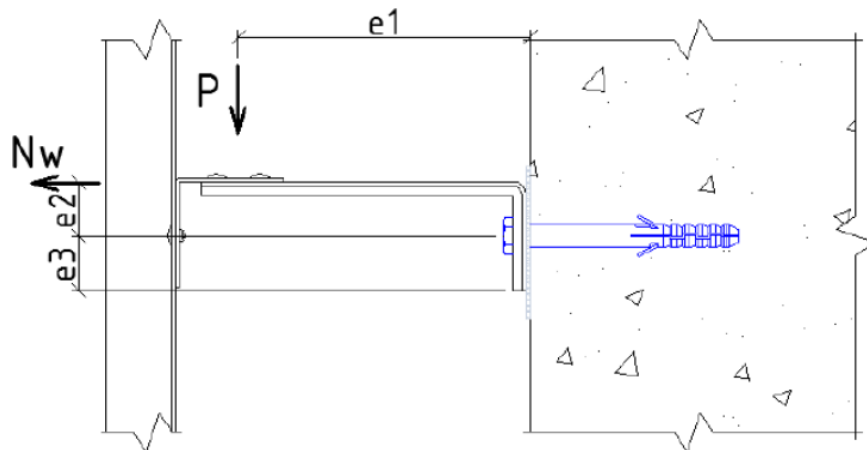


Рис. 8.5. Расчётная схема проверки анкерного элемента на вырыв

Расчёт анкерного элемента на вырыв N_B , кг, выполняется по формуле 8.26:

$$N_B = N_{w_max} + \frac{N_{w_max} \cdot e_2}{e_3} + \frac{P \cdot e_1}{e_3} \leq N_{доп}, \quad (8.26)$$

где N_B – вырывающее усилие, действующее на анкер, кг; $N_{доп}$ – допустимое усилие вырыва для анкерного элемента на основании испытаний, проведённых на конкретном объекте, кг; e_1, e_2, e_3 – см. рис. 8.5, см.

3. Расчет узла крепления направляющей к кронштейну

Крепление удлинителя к кронштейну выполняется на двух заклёпках, которые работают только на срез (см. рис. 8.6).

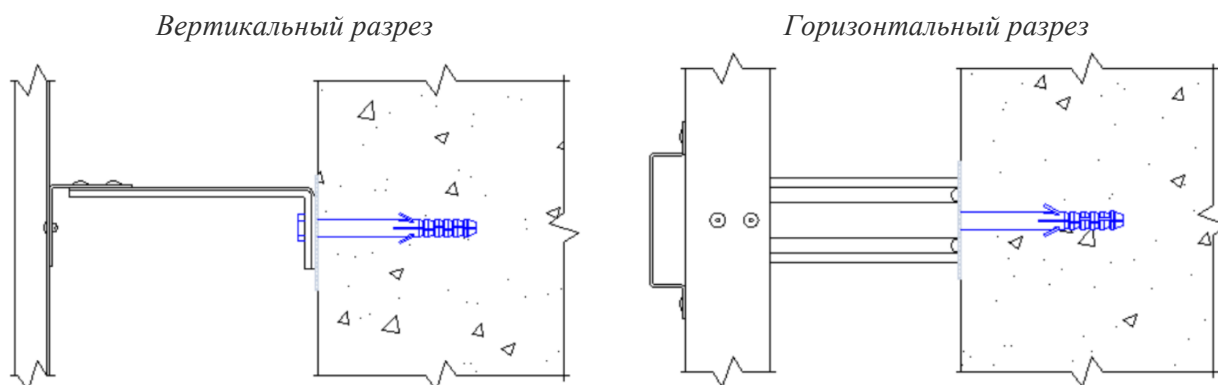


Рис 8.6. Конструктивная схема для проверки соединения направляющей с кронштейном

Проверка заклёпки на срез выполняется по формуле 8.27:

$$N_s = \frac{\sqrt{P^2 + N_{w_max}^2}}{n \cdot n_2} \leq N_{rs}, \quad (8.27)$$

где N_s – срезающее усилие, действующее на одну заклёпку, кг; n – количество заклёпок в соединении; n_2 – число рабочих срезов одной заклёпки; N_{rs} – расчётное усилие среза для одной заклёпки по табл.8.6.

Проверка заклёпок на смятие соединяемых элементов выполняется по формуле 8.28:

$$N_p = \frac{\sqrt{P^2 + N_{w_max}^2}}{n \cdot d \cdot \sum t} \leq R_{rp} = R_{bp}, \quad (8.28)$$

где N_p – действующее сминающее усилие; n – число заклёпок в соединении.

Таблица 8.6

Заклепка, применяемые в фасадной системе

Диаметр заклёпки, мм	Диаметр стержня, мм	Диаметр бортика тах, мм	Диаметр отверстия под заклёпку, мм	Нормативные усилия		Расчётные усилия	
				срез N_{n_rs} , Н	растяже-ние N_{n_rt} , Н	срез N_{rs} , Н	растяж-ение N_{rt} , Н
Корпус сталь коррозионностойкая А2/ стержень сталь коррозионностойкая А2							
4,8	3,20	8,3	4,9	4000	5000	3200	4000
4,0	2,75	6,9	4,1	2700	3500	2160	2800

Примечание: при расчете используйте документацию изготовителя фасадной системы и сходные данные для самостоятельного решения!

Условие задачи

Задача 1. По индивидуальному заданию определите характеристики жилого здания: высоту жилого дома, м; высоту этажа жилого дома, м; длину и ширину жилого дома, м; площадь всех окон, м²; площадь фасада, м². Определите ветровую нагрузку на фасады здания. Дано:

-Н=11,2 м, длина l=42 м, ширина В=39 м,

-Площадь остекления фасадов $F_{общ}=123,61$ м²: $F_{с.в.}=м^2$, $F_{ю.з.}=м^2$, $F_{с.з.}=м^2$, $F_{ю.в.}=м^2$, $F_3=м^2$,

-Высота от середины окна до устья шахты: $h_{13}=1,9$ м, $h_{23}=5,0$ м,

- Сопротивление ограждающей конструкции $R_{ок}=0,32$ м²ч/кг,

- $A_z=0,8$, $C_H=+0,8$, $C_z=-0,6$, $C_b=-0,4$.

Задача 2. Исходные данные

Место строительства – г. Челябинск

III район по ветровой нагрузке.

Тип местности В.

Высота здания 75 м.

Крепление направляющей к стене с шагом 675 мм по четырехпролётной схеме ($n=4$).

Облицовка из панелей НРЛ размером 1800х300х10 мм.

Шаг направляющих $B=600$ мм.

Ветровая нагрузка на высоте 75 м:

угловая зона $w=-282,2$ кг/м²; все здание $w=+159,92$ кг/м².

Принимаем кронштейн КР-С-250 мм.

$A=2,00$ см²; $W_x=0,17$ см³; $y_1=0,22$ см; $W_y=2,72$ см³ по табл. 5.1 настоящей методики. Материал кронштейна сталь 08пс $R_y=2250$ кг/см² по табл. 2.1 настоящей методики.

Варианты ответов

Задание1. Напишите значение коэффициента остеклённости i -го фасада (*любая последовательность*).

А) 0,96;1;1,4;0,7.

Б) 96;10;14;7.

В) 0,0096;0,01;0,014;0,007.

Г) 0,1;0,1;0,15;0,1.

(!) Д) 0,096;0,1;0,14;0,07.

Задание2. Напишите значения: M_{y_1-1} , M_{y_2-2} , N_B , N_S .

А) 315;386; 3186;629.

Б) 3,15;0,386; 31,86;6,29.

В) 0,315;0,0386; 3,186;0,629.

(!) Г) 31,5;3,86; 318,6;62,9.

Д) 3150;3860; 31860;6290.

Полное решение задачи

Задача 1.

Итоги расчет сведены в таблицы 8.7, 8.8 и рис. 8.7.

Таблица 8.7.

№ фасада	$H, \text{м}$	$B, L, \text{м}$	$F_{\text{фас.}i}, \text{м}^2$	$F_{o.i}, \text{м}^2$	$f_{\text{ост}}$	$P_{0Г}, \text{Па}$	$P_{0V}, \text{Па}$	$P_0, \text{Па}$
1 (СВ)	11.2	27	302.4	28.95	0.096	17.03	10.66	27.69
2 (СЗ)	11.2	27	302.4	31.18	0.1	17.03	12.07	29.1
3 (ЮЗ)	11.2	42	265.3	37.86	0.14	17.03	13.3	30.33
4 (ЮВ)	11.2	42	265.3	17.82	0.07	17.03	8.11	25.14

Таблица 8.8.

Наветр. фасад	Этаж	$H_{iЭ}, \text{м}$	$P_{НГ}, \text{Па}$	$P_{НiЭ}, \text{Па}$	$\Delta P_{iЭ}, \text{Па}$	$g_{\text{инф.}iЭ}, \text{кг}/(\text{ч.м}^2)$	$q_{\text{инф.}iЭ}, \text{Вт}/\text{м}^2$	$\Delta P_{iЭ.Б}, \text{Па}$	$q_{\text{инф.}iЭ.Б}, \text{Вт}/\text{м}^2$
СВ	1-й	1.9	28.28	62.62	34.93	7.19	94.82	5.49	45.83
СЗ		1.9	28.28	62.62	33.52	7.0	2.31	4.08	22.68
ЮЗ		1.9	28.28	62.62	32.29	6.83	0.07	2.85	17.8
ЮВ		1.9	28.28	62.62	37.48	7.54	9.43	8.04	34.62

СВ	2-й	5.0	18.85	39.24	11.55	3.44	5.36	-3.94	-
СЗ		5.0	18.85	39.24	10.14	3.15	1.54	-5.35	-
ЮЗ		5.0	18.85	39.24	8.91	2.89	8.11	-6.58	-
ЮВ		5.0	18.85	39.24	14.1	0.85	1.82	-1.39	-

Заключение:

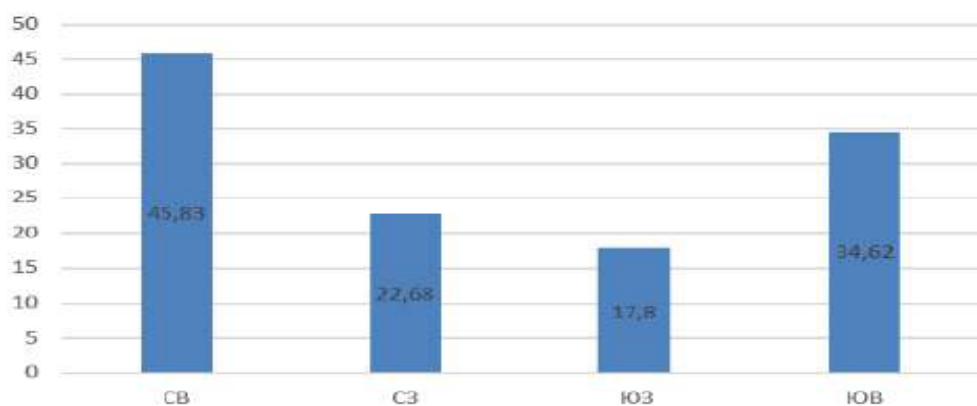


Рис. 8.7. Результаты расчета.

В северном полушарии наибольшие потери тепла зимой связаны с румбами северных ветров, так что ориентация оконных и дверных проемов п на юг обеспечивает и наилучшую защищенность от ветра.

Задача 2.

Расчёт кронштейна с марки КР-С с вертикально ориентированной плоскостью консоли

2.1 Расчет на прочность:

Вес облицовки и направляющей:

$$P = G_{\text{обл}} \cdot \gamma_{\text{обл}} \cdot L \cdot B + G_{\text{напр}} \cdot \gamma_{\text{напр}} \cdot L =$$

$$= 14,0 \cdot 1,1 \cdot 0,675 \cdot 0,6 + 1,26 \cdot 1,05 \cdot 0,675 = 7,13 \text{ кг}$$

Для трёхпролётной схемы опорная реакция по табл. 8.4 настоящей методики равна:

$$N_{w_max} = 1,1 \cdot w \cdot L_1 \cdot B$$

- в угловой зоне $N_{w_max} = 1,1 \cdot 282,2 \cdot 0,675 \cdot 0,6 = 125,7$ кг;

- в середине здания $N_{w_max} = 1,1 \cdot 159,92 \cdot 0,675 \cdot 0,6 = 71,2$ кг;

Нагрузки на кронштейн:

- собственный вес $P = 7,13 / (n+1) = 7,13 / (4+1) = 1,43$ кг.

Ветровая нагрузка

- в угловой зоне $N_{w_max} = 125,7$ кг;

- в середине здания $N_{w_max} = 71,2$ кг;

Проверяем кронштейн, установленный в угловой зоне. Места приложения нагрузок показаны на рис. 8.8.

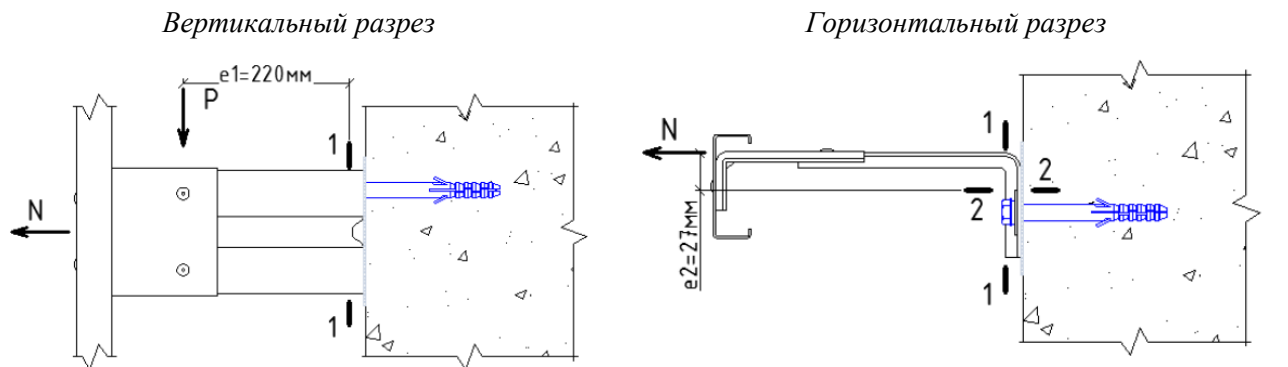


Рис. 8.8. Расчётная схема кронштейна КР-С-250мм с вертикально ориентированной плоскостью консоли.

Сечение 1-1 консоли кронштейна

Расчёт сечения на прочность проводится согласно формуле 8.21:

$$\sigma_{1-1} = \frac{125,7}{2,00} + \frac{31,5}{2,72} = 74,4 < R_y = 2250 \text{ кгс/см}^2$$

где

$$N_{1-1} = N_{w_max} = 125,7 \text{ кг};$$

$$M_{y_1-1} = P \cdot e_1 = 1,43 \cdot 22 = 31,5 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

Вывод: сечение 1-1 удовлетворяет требованиям прочности.

Сечение 2-2 опорной части кронштейна

Расчёт сечения на прочность проводится согласно формуле 8.26:

$$\sigma_{2-2} = \frac{289,11}{0,17} + \frac{3,29}{2,72} = 1701,9 < R_y = 2250 \text{ кгс/см}^2$$

где

$$M_{x_{2-2}} = N_{w_{\max}} \cdot e_2 = 125,7 \cdot 2,7 = 339,4 \text{ кг} \cdot \text{см};$$

$$M_{y_{2-2}} = P \cdot e_2 = 1,43 \cdot 2,7 = 3,86 \text{ кг} \cdot \text{см};$$

$$W_{x_{2-2}} = 0,17 \text{ см}^3;$$

$$W_{y_{2-2}} = 2,27 \text{ см}^3;$$

Вывод: сечение 2-2 удовлетворяет требованиям прочности.

Вывод: Кронштейн КР-С-250мм удовлетворяет требованиям прочности при расположении его на высоте 75 м в угловой зоне в III-ем районе по ветровой нагрузке.

2.2. Расчёт узла крепления кронштейна к стене

Кронштейн крепится к стене одним анкерным элементом (см. рис.8.9).

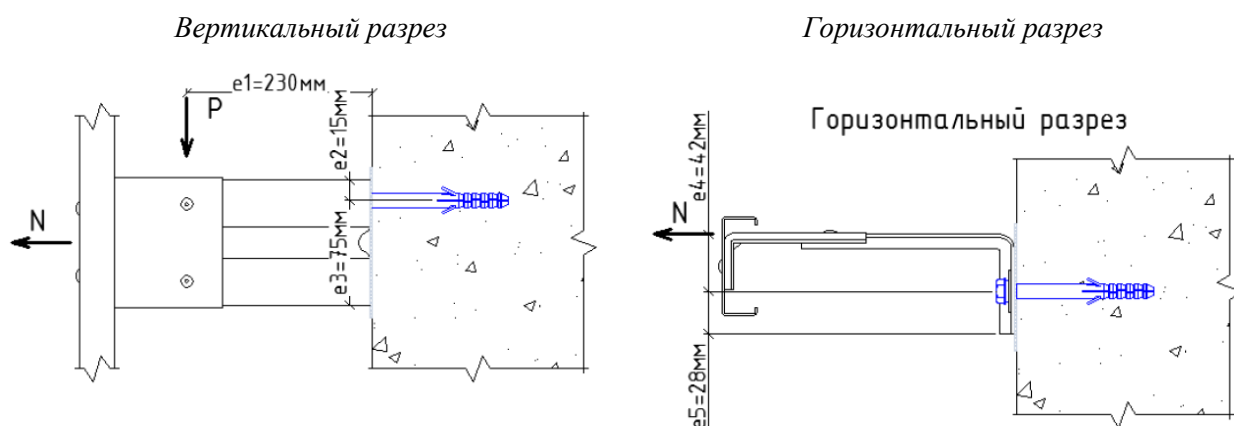


Рис.8.9. Расчётная схема проверки анкерного элемента на вырыв.

Расчёт анкерного элемента на вырыв выполняется по формуле 8.26:

$$N_B = 125,7 + \frac{125,7 \cdot 4,2}{2,8} + \frac{1,43 \cdot 23}{7,5} = 318,6 \text{ кг} \leq N_{\text{доп}},$$

$$N_{w_{\max}} = 125,7 \text{ кг},$$

$$P = 1,43 \text{ кг}.$$

$N_{\text{доп}}$ — допустимое усилие вырыва для анкерного элемента на основании испытаний, проведённых на конкретном объекте, кг.

4. Расчет узла крепления удлинителя к кронштейну

Крепление удлинителя к кронштейну выполняется на двух заклёпках А2/А2 4х10, которые работают только на срез. Проверка на срез заклёпки выполняется по формуле 8.27:

$$N_s = \frac{\sqrt{1,43^2 + 125,7^2}}{2 \cdot 1} = 62,9 \text{ кгс} \leq N_{rs} = 320 \text{ кгс}$$

Вывод: соединение кронштейна с удлинителя удовлетворяет требованиям прочности.

Задание для самостоятельного решения

Вариант для таблицы 8.9 и Приложения 1 определяются по таблице ниже: I – предпоследняя цифра, II – последняя цифра номера зачетки.

II \ I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 8.9

Варианты исходных данных для расчёта кронштейна с вертикально ориентированной плоскостью консоли

Вар.	Крепление направляющей к стене с шагом по четырехплётной схеме (n=4)	Облицовка (номер строки в прил. 1 табл.3)	Шаг направляющих В	Кронштейн (номер варианта в прил. 1 табл.5)	Профиль (номер строки в прил. 1 табл.2)
1	675 мм	1	600 мм	1	Профиль СО
2	670 мм	2	590 мм	2	Профиль ТО
3	665 мм	3	580 мм	3	Профиль ГО

4	660 мм	4	570 мм	4	Профиль ГО-2р
5	655 мм	5	560 мм	5	Профиль ПО
6	650 мм	6	550 мм	6	Профиль ЗО
7	680 мм	7	610 мм	7	Профиль ПШ
8	685 мм	8	620 мм	8	Профиль ПК/1
9	690 мм	9	630 мм	9	Профиль ПО
10	700 мм	1	610 мм	10	Профиль СО
11	675 мм	2	620 мм	11	Профиль СО
12	670 мм	3	630 мм	12	Профиль ТО
13	665 мм	4	550 мм	13	Профиль ГО
14	660 мм	5	610 мм	14	Профиль ГО-2р
15	675 мм	6	620 мм	15	Профиль ПО
16	680 мм	7	630 мм	16	Профиль ЗО
17	685 мм	8	550 мм	17	Профиль ПШ
18	690 мм	9	610 мм	18	Профиль ПК/1
19	700 мм	1	610 мм	19	Профиль ПО
20	675 мм	2	620 мм	20	Профиль СО
21	670 мм	3	630 мм	21	Профиль СО
22	665 мм	4	610 мм	22	Профиль ТО

23	660 мм	5	620 мм	23	Профиль ГО
24	655 мм	6	630 мм	24	Профиль ГО-2р
25	675 мм	7	600 мм	25	Профиль ПО
26	670 мм	8	590 мм	26	Профиль ЗО
27	680 мм	9	580 мм	27	Профиль ПШ
28	685 мм	1	570 мм	28	Профиль ПК/1
29	690 мм	2	600 мм	29	Профиль ПО
30	700 мм	3	590 мм	1	Профиль СО

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ

для выполнения практических занятий

РАЗДЕЛ 1. ОБСЛЕДОВАНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Графическая часть

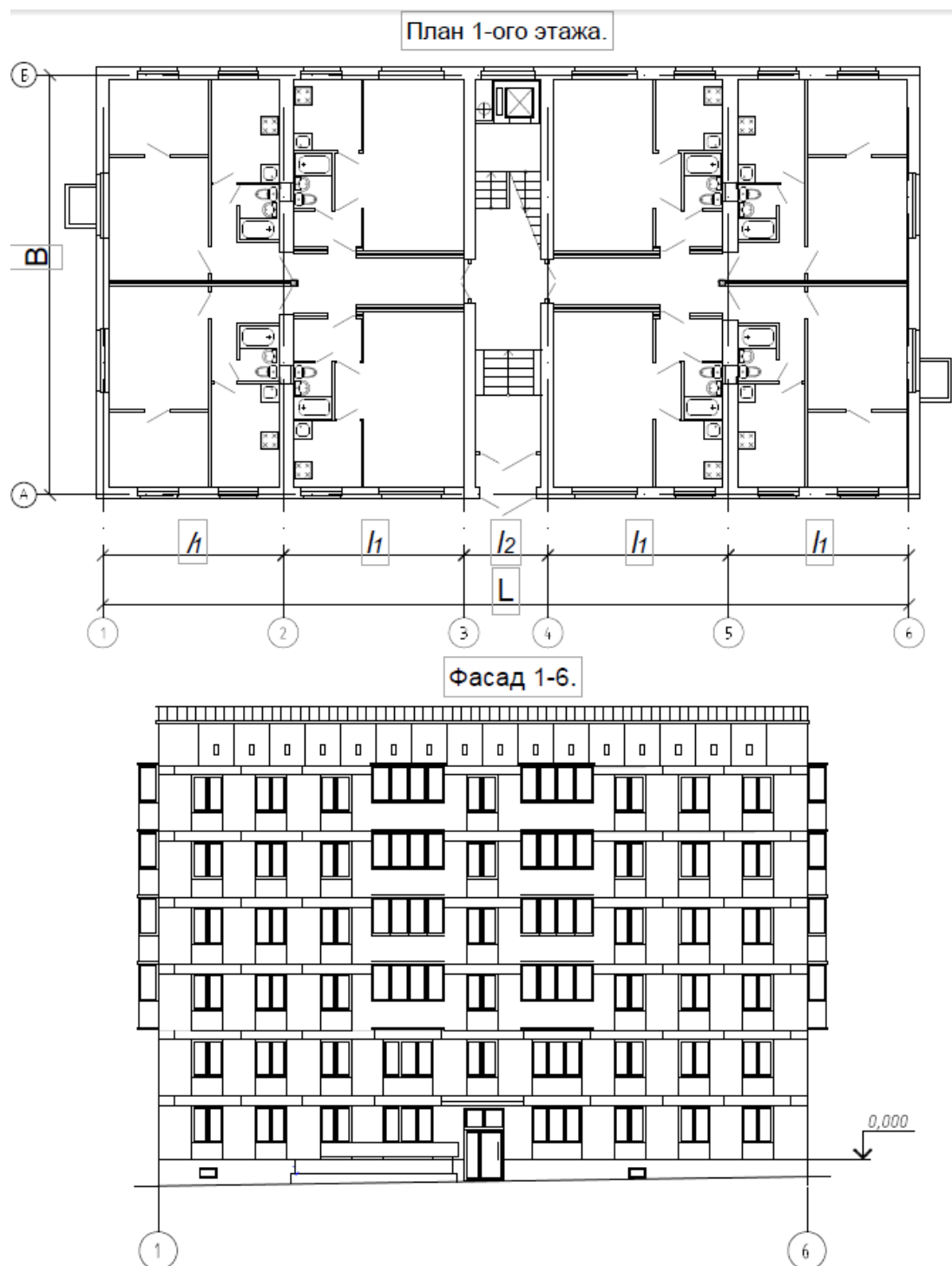
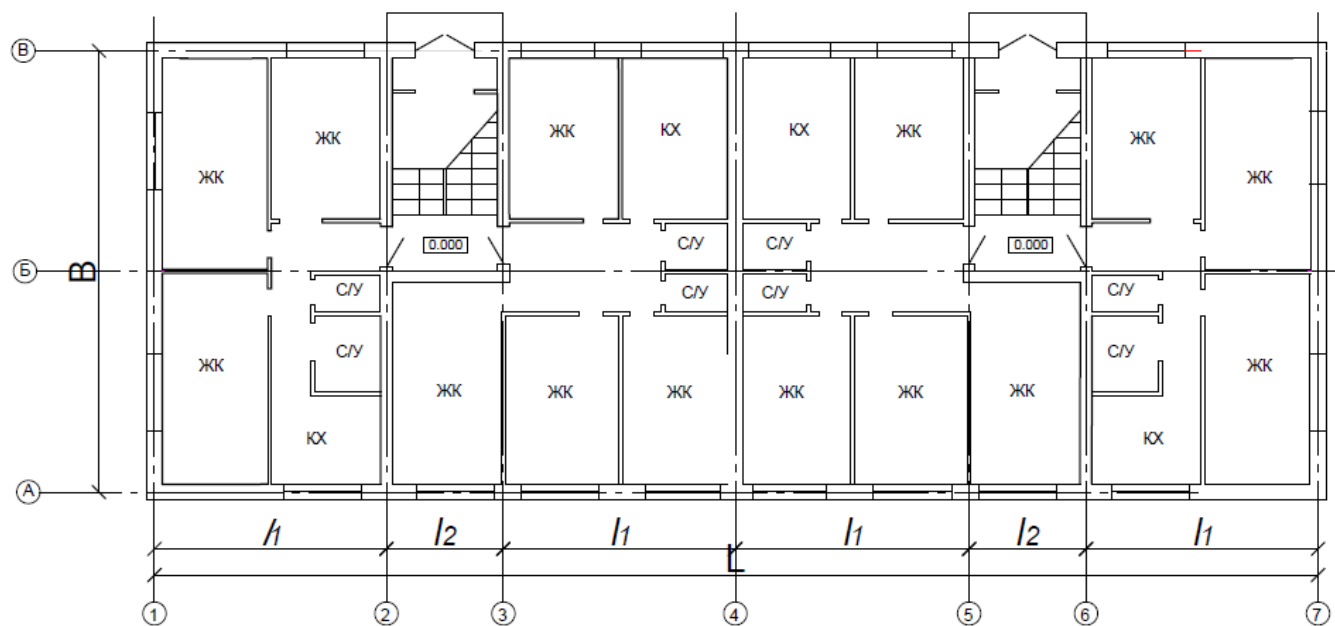


Рис. 1. Вариант 1 (пример варианта фасада).

План 1-ого этажа.



Фасад 1-7

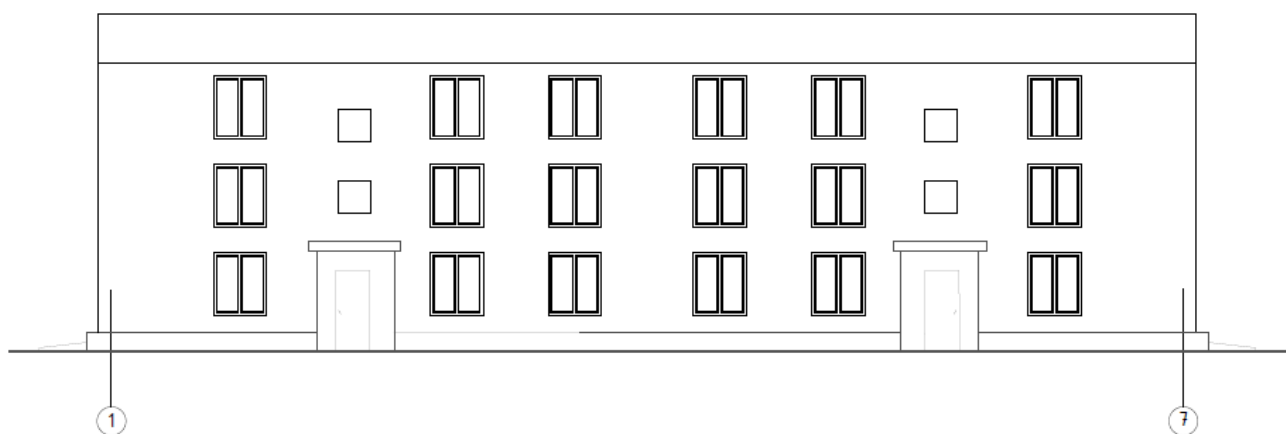


Рис. 2. Вариант 2 (пример варианта фасада).

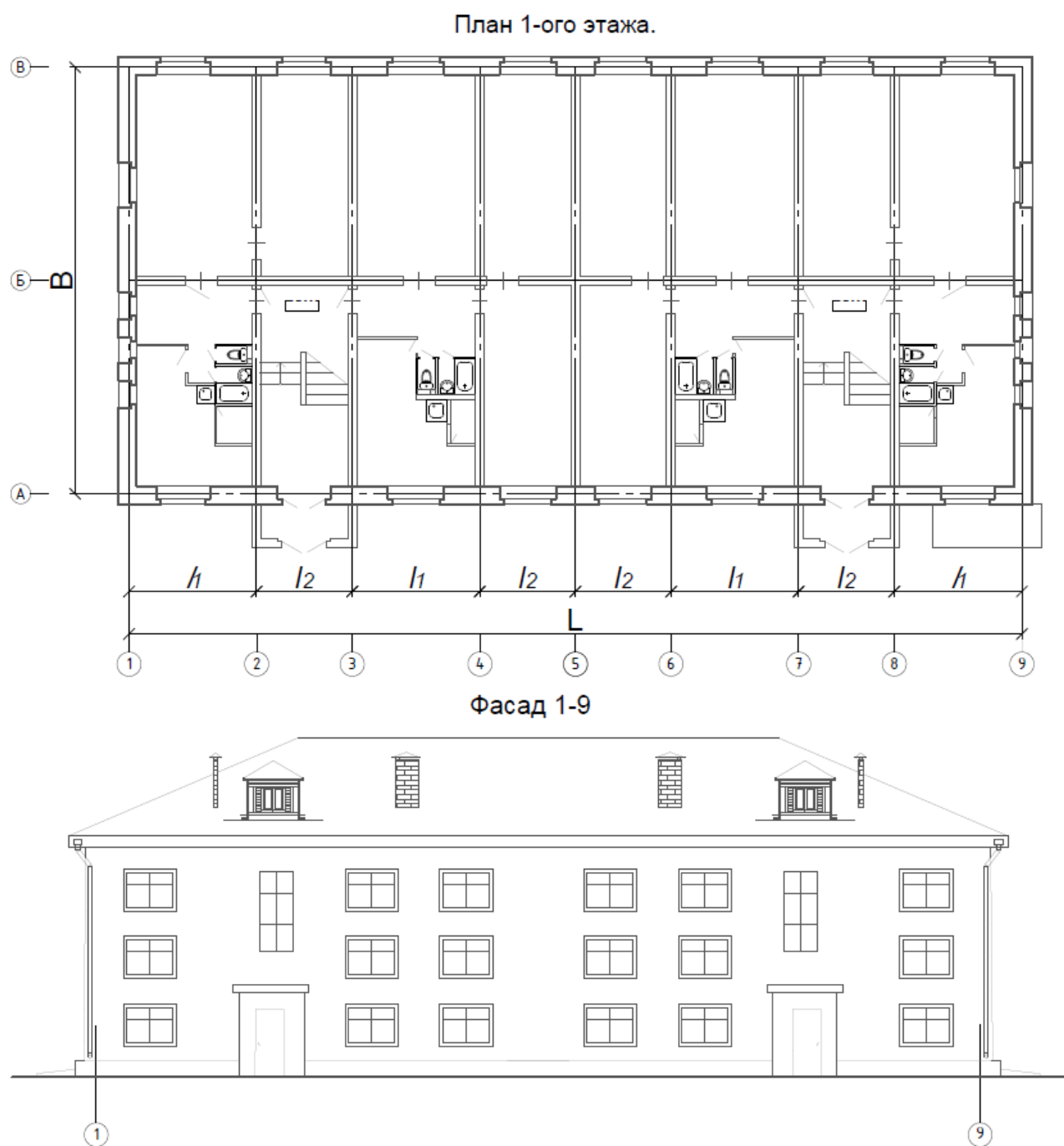


Рис. 3. Вариант 3 (пример варианта фасада).

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Вариант плана/ Этажность	Кровля	Высота		L, длина		В, ширина*	Проемы		
			h _э	h _{черд}	l ₁	l ₂		ОК	п	ДВ
Вариант 1	1/5	Скатная	2,9	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1	1,5x2,1
Вариант 2	2/4	Скатная	3,0	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	2	1,5x2,1
Вариант 3	3/6	Плоская	2,9	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	2	1,5x2,1
Вариант 4	1/5	Скатная	3,0	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1	1,5x2,1
Вариант 5	2/4	Скатная	2,9	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1	1,5x2,1
Вариант 6	3/5	Плоская	3,0	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	2	1,5x2,1
Вариант 7	1/5	Плоская	2,9	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	2	1,5x2,1
Вариант 8	2/4	Скатная	3,0	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1	1,5x2,1
Вариант 9	1/5	Плоская	2,9	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1	1,5x2,1
Вариант 10	2/5	Плоская	3,0	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	2	1,5x2,1
Вариант 11	1/5	Скатная	2,9	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	2	1,5x2,1
Вариант 12	2/4	Скатная	3,0	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1	1,5x2,1
Вариант 13	3/6	Плоская	2,9	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1	1,5x2,1
Вариант 14	1/5	Скатная	3,0	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	2	1,5x2,1
Вариант 15	2/4	Скатная	2,9	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	2	1,5x2,1
Вариант 16	3/5	Плоская	3,0	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1	1,5x2,1
Вариант 17	1/5	Плоская	2,9	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1	1,5x2,1
Вариант 18	2/4	Скатная	3,0	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	2	1,5x2,1
Вариант 19	1/5	Плоская	2,9	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	2	1,5x2,1
Вариант 20	2/5	Плоская	3,0	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1	1,5x2,1
Вариант 21	1/5	Скатная	2,9	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1	1,5x2,1
Вариант 22	2/4	Скатная	3,0	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	2	1,5x2,1
Вариант 23	3/6	Плоская	2,9	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	2	1,5x2,1
Вариант 24	1/5	Скатная	3,0	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1	1,5x2,1
Вариант 25	2/4	Скатная	2,9	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1	1,5x2,1
Вариант 26	3/5	Плоская	3,0	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	2	1,5x2,1
Вариант 27	1/5	Плоская	2,9	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	2	1,5x2,1
Вариант 28	2/4	Скатная	3,0	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1	1,5x2,1

Вариант 29	1/5	Плоская	2,9	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4х1,8	1	1,5х2,1
Вариант 30	2/5	Плоская	3,0	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25х1,8	2	1,5х2,1

Прим.:*-расстояние между горизонтальными осями симметрично, п-число слоёв остекления.

Таблица 2

Геометрические характеристики сечений профилей навесных фасадных систем с воздушным зазором «Альт-Фасад-09»

Тип профиля	Размеры сечения, мм	Масса 1 п.м.	A , см ²	J_x , см ⁴	W_{x_min} , см ³	i_x , см
Профиль СО						
СО-70/1,2	6х25х70х25х6 t=1.2	1,17	1,49	1,11	0,613	0,86
СО-80/1,2	6х25х80х25х6 t=1.2	1,26	1,61	1,15	0,622	0,85
СО-100/1,2	6х25х100х25х6 t=1.2	1,45	1,85	1,22	0,632	0,81
СО-70/1,0	6х25х70х25х6 t=1.0	0,98	1,25	0,94	0,519	0,87
СО-80/1,0	6х25х80х25х6 t=1.0	1,06	1,35	0,98	0,527	0,85
СО-100/1,0	6х25х100х25х6 t=1.0	1,22	1,55	1,04	0,539	0,82
Профиль ТО						
ТО-65/30/1,2	65х30 t=1.2	1.16	1.48	1.24	0.56	0.92
ТО-65/50/1,2	65х50 t=1.2	1.54	1.96	3.03	0.878	1.24
ТО-80/30/1,2	80х30 t=1.2	1.30	1.66	1.32	0.571	0.89
ТО-80/50/1,2	80х50 t=1.2	1.68	2.14	5.49	1.54	2.57
ТО-100/30/1,2	100х30 t=1.2	1.49	1.90	1.40	0.586	0.86
Профиль ГО						
ГО-30/40/1,2	30х40 t=1.2	0,65	0,83	0,69	0,299	0,91
ГО-40/40/1,2	40х40 t=1.2	0,75	0,95	1,53	0,52	1,27
ГО-50/40/1,2	50х40 t=1.2	0,83	1,06	2,81	0,79	1,63

Продолжение таблицы 2

ГО-50/50/1,2	50x50 t=1.2	0,93	1,19	3,01	0,814	1,59
ГО-50/70/1,2	50x70 t=1.2	1,12	1,43	3,32	0,85	1,52
ГО-60/40/1,2	60x40 t=1.2	0,93	1,19	4,60	1,11	1,97
Профиль ГО-2р						
ГО-2р-50/60/1,2	50x60 t=1.2	1.10	1.38	3.44	0.89	1.58
ГО-2р-50/60/1,5	50x60 t=1.5	1.40	1.73	4.27	1.11	1.57
Профиль ПО						
ПО-50/20/1,2	20×21×50×21×20 t=1,2	1,15	1,47	1,02	0,944	0,83
ПО-60/20/1,2	20×21×60×21×20 t=1,2	1,25	1,59	1,11	0,974	0,84
ПО-65/20/1,2	20×21×65×21×20 t=1,2	1,30	1,65	1,14	0,97	0,83
ПО-80/20/1,2	20×21×80×21×20 t=1,2	1,44	1,83	1,24	0,99	0,82
ПО-100/20/1,2	20×21×100×21×20 t=1,2	1,63	2,07	1,34	1,02	0,81
ПО-70/60/1,2	20×60×70×60×20 t=1,2	2,09	2,66	14,44	4,25	2,33
ПО-80/60/1,2	20×60×80×60×20 t=1,2	2,18	2,78	15,19	4,33	2,34
ПО-70/60/1,5	20×60×70×60×20 t=1,5	2,61	3,33	18,1	5,31	2,33
ПО-80/60/1,5	20×60×80×60×20 t=1,5	2,73	3,48	18,99	5,39	2,34
Профиль ZO						
ZO-40/20/1,2	40x20x20 t=1.2	0.74	0.94	0.69	0.55	0.86
ZO-40/20/1,5	40x20x20 t=1.5	0.93	1.18	0.88	0.693	0.86
Профиль ПШ						
ПШ-1,2	40×72,8×80×72,8×40 t=1,2	2,83	3,61	28,98	8,21	2,83
ПШ-1,5	40×72,8×80×72,8×40 t=1,5	3,57	4,55	36,6	10,37	2,84
Профиль ПК/1						
ПК/1-66/80/1,2	23×80×66×80×23 t=1,2	2,52	3,21	29,93	6,96	3,05
ПК/1-80/80/1,2	23×80×80×80×23 t=1,2	2,65	3,37	32,05	7,16	3,08

Окончание таблицы 2

ПК/1-66/80/1,5	23×80×66×80×23 t=1,5	3,13	3,99	37,00	8,62	3,05
ПК/1-80/80/1,5	23×80×80×80×23 t=1,5	3,30	4,20	39,58	8,84	3,07

Подроб. см. МЕТОДИКА РАСЧЁТА прочности конструкций навесных фасадных систем с воздушным зазором «Альт-Фасад-09».

Таблица 3

Собственный вес облицовок принимается

№№	Вид облицовки	Единица измерения	Нормативная нагрузка, G_n^H	γ_f	Расчётная нагрузка, G_n
1	2	3	4	5	6
1	Сайдинг МП СК-14х226; Сайдинг Лбрус -15х240; Сайдинг Woodstock -28х330	кг/м ²	5,0	1,05	5,3
2	Профилированный настил С-8х1150, С-10х1100, С-21х1000, МП20х1100, МП35х1035, С-44х1000	кг/м ²	4,0-8,4	1,05	4,2-8,8
3	Линейные панели МП ЛП-24х384/20, МП ЛП-24х300/20, МП ЛП-24х197/20, МП ЛП-24х404/20, Primepanel-O-B-24хC/R, Primepanel-T-Г-24хC/R	кг/м ²	5,0-7,0	1,05	5,3-7,4
4	Фасадные кассеты Puzzleton Z, Puzzleton	кг/м ²	12,0	1,05	12,6
5	Фиброцементные плиты, Панели NICHINA EX	кг/м ²	19	1,2	22,8
6	Асбестоцементные плиты	кг/м ²	14,3	1,2	17,2
7	Композитные панели	кг/м ²	7,4	1,2	8,9
8	Керамические плиты	кг/м ²	42,0	1,2	50,4
9	Керамогранитная плита $\gamma=2500 \text{ кгс/м}^3$ t=10 мм	кг/м ²	25,0	1,1	27,5
10	HPL панели	кг/м ²	14,5	1,2	17,4

Расчетная ветровая нагрузка

Высота, м	Ветровые районы, тип местности А																											
	I				II				III				IV				V				VI				VII			
	w_m^+		w_m^-		w_m^+		w_m^-		w_m^+		w_m^-		w_m^+		w_m^-		w_m^+		w_m^-		w_m^+		w_m^-		w_m^+		w_m^-	
	центр	угол	центр	угол	центр	угол	центр	угол	центр	угол	центр	угол	центр	угол	центр	угол	центр	угол	центр	угол	центр	угол	центр	угол	центр	угол	центр	угол
5	53,6	98,3	69,9	128	88,6	162	112	205	140	256	170	312	198	363														
10	68,0	125	88,7	162	112	206	142	260	177	325	216	396	251	461														
15	75,0	137	97,8	179	124	227	156	287	196	359	238	436	277	508														
20	81,6	145	106	195	135	247	170	312	213	390	259	475	302	553														
25	84,7	155	110	202	140	256	177	324	221	405	269	493	313	574														
30	88,2	162	115	210	146	267	184	337	230	422	280	513	326	598														
35	91,1	167	119	218	150	276	190	348	238	436	289	530	337	617														
40	93,9	172	122	224	155	284	196	359	245	449	298	546	347	636														
45	96,4	177	126	231	159	292	201	369	251	461	306	561	356	653														
50	98,9	181	129	236	163	300	206	378	258	473	314	576	366	670														
55	101	186	132	242	167	307	212	388	264	484	322	590	375	687														
60	104	190	135	248	171	314	217	397	271	496	329	604	384	703														
65	106	194	138	253	175	320	221	405	276	506	336	615	391	716														
70	108	197	140	258	178	326	225	412	281	515	342	627	398	730														
75	110	201	143	262	181	332	229	419	286	524	348	638	405	743														
80	111	204	145	267	184	338	233	427	291	533	354	649	412	756														
85	113	208	148	271	187	343	237	434	296	542	360	660	419	768														
90	115	211	150	276	190	349	241	441	301	551	366	671	426	781														
95	117	215	153	280	194	355	245	448	306	560	372	682	433	794														
100	119	218	155	285	197	360	248	455	311	569	378	693	440	806														
110	121	223	158	291	201	368	254	465	317	581	386	707	449	823														
120	124	227	162	297	205	376	259	474	323	593	394	722	458	840														
130	126	232	165	302	209	383	264	484	330	605	401	736	467	856														
140	129	236	168	308	213	390	269	493	336	616	409	750	476	873														
150	131	241	171	314	217	398	274	502	343	628	417	764	485	889														

Продолжение таблицы 4

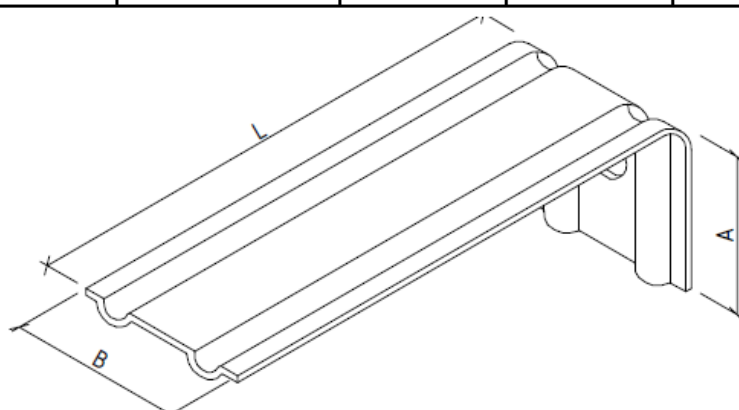
Высота, м	Ветровые районы, тип местности В																							
	I				II				III				IV				V				VI			
	w_m^+ центр		w_m^- угол		w_m^+ центр		w_m^- угол		w_m^+ центр		w_m^- угол		w_m^+ центр		w_m^- угол		w_m^+ центр		w_m^- угол		w_m^+ центр		w_m^- угол	
5	42,9	42,9	78,6	55,9	55,9	103	70,9	70,9	89,5	89,5	164	112	112	205	136	136	250	159	159	291	191	191	351	291
10	51,7	51,7	94,9	67,5	67,5	124	85,5	85,5	108	108	198	135	135	247	164	164	301	191	191	351	213	213	391	391
15	57,7	57,7	106	75,2	75,2	138	95,3	95,3	120	120	221	150	150	276	183	183	336	213	213	391	233	233	427	427
20	63,1	63,1	116	82,3	82,3	151	104	104	132	132	241	165	165	302	200	200	367	233	233	427	246	246	452	452
25	66,6	66,6	122	86,9	86,9	159	110	110	139	139	255	174	174	319	212	212	388	246	246	452	259	259	475	475
30	88,2	88,2	128	91,4	91,4	168	116	116	146	146	268	183	183	335	222	222	408	259	259	475	271	271	497	497
35	73,4	73,4	134	95,7	95,7	175	121	121	153	153	281	191	191	351	233	233	427	271	271	497	283	283	518	518
40	76,5	76,5	140	99,8	99,8	183	126	126	160	160	293	200	200	366	243	243	445	283	283	518	293	293	537	537
45	79,3	79,3	145	103	103	190	131	131	166	166	303	207	207	379	252	252	462	293	293	537	303	303	556	556
50	82,1	82,1	150	107	107	196	136	136	171	171	314	214	214	393	260	260	478	303	303	556	313	313	574	574
55	84,8	84,8	155	111	111	203	140	140	177	177	324	221	221	405	269	269	493	313	313	574	323	323	592	592
60	87,4	87,4	160	114	114	209	144	144	182	182	334	228	228	418	277	277	509	323	323	592	330	330	606	606
65	89,4	89,4	164	117	117	214	148	148	187	187	342	233	233	428	284	284	520	330	330	606	338	338	619	619
70	91,4	91,4	168	119	119	219	151	151	191	191	350	238	238	437	290	290	532	338	338	619	345	345	632	632
75	93,3	93,3	171	122	122	223	154	154	195	195	357	243	243	446	296	296	543	345	345	632	352	352	645	645
80	95,2	95,2	175	124	124	228	157	157	199	199	364	248	248	456	302	302	554	352	352	645	360	360	659	659
85	97,3	97,3	178	127	127	233	161	161	203	203	372	254	254	465	309	309	566	360	360	659	367	367	673	673
90	99,3	99,3	182	130	130	237	164	164	207	207	380	259	259	475	315	315	578	367	367	673	374	374	686	686
95	101	101	186	132	132	242	167	167	211	211	388	264	264	484	321	321	589	374	374	686	382	382	700	700
100	103	103	189	135	135	247	171	171	215	215	395	269	269	494	328	328	601	382	382	700	393	393	721	721
110	106	106	195	139	139	255	176	176	222	222	407	278	278	509	338	338	620	393	393	721	405	405	743	743
120	110	110	201	143	143	262	181	181	229	229	420	286	286	524	348	348	638	405	405	743	417	417	764	764
130	113	113	207	147	147	270	186	186	235	235	432	294	294	539	358	358	656	417	417	764	428	428	785	785
140	116	116	212	151	151	277	191	191	242	242	443	302	302	554	368	368	674	428	428	785	440	440	806	806
150	119	119	218	155	155	284	196	196	248	248	455	310	310	569	377	377	692	440	440	806				

Окончание таблицы 4

Высота, м	Ветровые районы, тип местности С																	
	I			II			III			IV			V			VI		
	w _m ⁺	w _m ⁻		w _m ⁺	w _m ⁻		w _m ⁺	w _m ⁻		w _m ⁺	w _m ⁻		w _m ⁺	w _m ⁻		w _m ⁺	w _m ⁻	
		центр	угол		центр	угол		центр	угол		центр	угол		центр	угол		центр	угол
5	43,0	43,0	78,8	56,0	56,0	103	71,0	130	89,7	89,7	164	112	112	205	136	136	250	159
10	43,0	43,0	78,8	56,0	56,0	103	71,0	130	89,7	89,7	164	112	112	205	136	136	250	159
15	48,5	48,5	88,8	63,2	63,2	116	80,1	147	101	101	185	126	126	232	154	154	282	179
20	53,1	53,1	97,4	69,3	69,3	127	87,8	161	111	111	203	139	139	254	169	169	309	196
25	57,7	57,7	106	75,3	75,3	138	95,4	175	121	121	221	151	151	276	183	183	336	213
30	88,2	88,2	114	81,0	81,0	148	103	188	130	130	238	162	162	297	197	197	361	229
35	66,1	66,1	121	86,2	86,2	158	109	200	138	138	253	172	172	316	210	210	385	244
40	69,9	69,9	128	91,1	91,1	167	115	212	146	146	267	182	182	334	222	222	407	258
45	73,2	73,2	134	95,5	95,5	175	121	222	153	153	280	191	191	350	232	232	426	271
50	76,5	76,5	140	99,8	99,8	183	126	232	160	160	293	200	200	366	243	243	445	283
55	79,7	79,7	146	104	104	190	132	241	166	166	305	208	208	381	253	253	464	294
60	82,7	82,7	152	108	108	198	137	250	173	173	316	216	216	395	262	262	481	306
65	85,0	85,0	156	111	111	203	140	257	177	177	325	222	222	-06	270	270	495	314
70	87,2	87,2	160	114	114	209	144	264	182	182	334	228	228	417	277	277	508	322
75	89,4	89,4	164	117	117	214	148	271	187	187	342	233	233	428	284	284	520	330
80	91,5	91,5	168	119	119	219	151	277	191	191	350	239	239	438	291	291	533	338
85	92,8	92,8	170	121	121	222	153	281	194	194	355	242	242	444	295	295	540	343
90	94,1	94,1	173	123	123	225	156	285	196	196	360	246	246	450	299	299	548	348
95	95,4	95,4	175	124	124	228	158	289	199	199	365	249	249	456	303	303	555	352
100	96,6	96,6	177	126	126	231	160	293	202	202	370	252	252	462	307	307	562	357
110	100	100	184	131	131	240	166	304	209	209	383	261	261	479	318	318	583	370
120	104	104	190	135	135	248	171	314	217	217	397	271	271	496	329	329	604	383
130	107	107	197	140	140	256	177	325	224	224	410	280	280	513	340	340	624	396
140	111	111	203	144	144	264	183	335	231	231	423	288	288	529	351	351	643	409
150	114	114	209	148	148	272	188	345	237	237	435	297	297	544	361	361	662	421

Кронштейны

Наименование	Обозначение	L, мм	B, мм	A, мм	
Кронштейн КР	КР-50/50/50	50	50	50	Вариант 1
	КР-70/50/50	70	50	50	Вариант 2
	КР-100/50/50	100	50	50	Вариант 3
	КР-120/50/50	120	50	50	Вариант 4
	КР-130/50/50	130	50	50	Вариант 5
	КР-150/50/50	150	50	50	Вариант 6
	КР-150/60/60	150	60	60	Вариант 7
	КР-150/50/70	150	50	70	Вариант 8
	КР-170/50/50	170	50	50	Вариант 9
	КР-180/50/50	180	50	50	Вариант 10
	КР-200/50/50	200	50	50	Вариант 11
	КР-200/60/60	200	60	60	Вариант 12
	КР-200/50/70	200	50	70	Вариант 13
	КР-200/70/70	200	70	70	Вариант 14
	КР-210/50/50	210	50	50	Вариант 15
	КР-250/50/50	250	50	50	Вариант 16
	КР-250/60/60	250	60	60	Вариант 17
	КР-250/70/70	250	70	70	Вариант 18
	КР-300/50/50	300	50	50	Вариант 19



Наименование	Обозначение	L, мм	B, мм
Кронштейн КР-С	КР-С-100/90	100	90
	КР-С-150/90	150	90
	КР-С-200/90	200	90
	КР-С-250/90	250	90
	КР-С-300/90	300	90

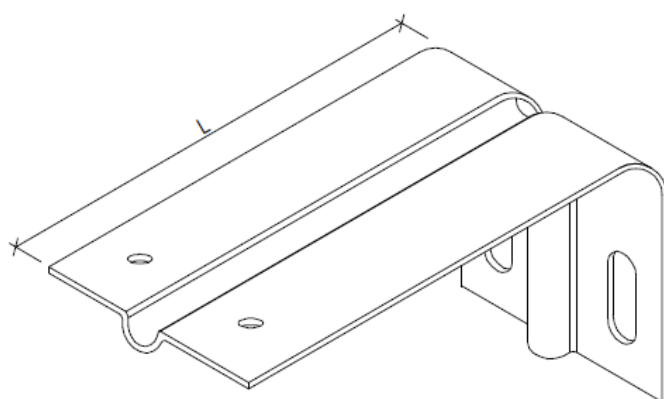
Варинат 20

Варинат 21

Варинат 22

Варинат 23

Варинат 24



Наименование	Обозначение	L, мм	B, мм
Кронштейн КРУ-1р	КРУ-1р-100	100	90
	КРУ-1р-150	150	90
	КРУ-1р-200	200	90
	КРУ-1р-250	250	90
	КРУ-1р-300	300	90

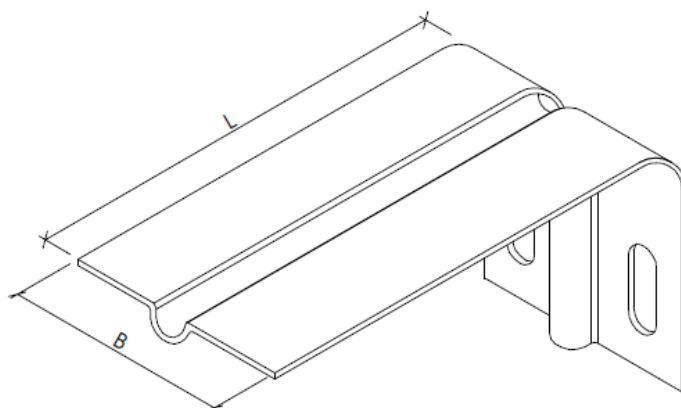
Варинат 25

Варинат 26

Варинат 27

Варинат 28

Варинат 29



РАЗДЕЛ 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1: Анализ соответствия ограждающей конструкции требованиям безопасности и энергоэффективности. Расчет сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующие расчеты:

- определить конструктив несущей стены;
- рассчитать сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания.

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче теплозащитной оболочки здания (по приложению Е СП 50.13330) включает несколько расчетов показателей и выглядит следующим образом:

1. Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания, R_o^{np} , $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$, определяется по формуле:

$$R_o^{np} = 1 / (1 / R_o^{усл} + \sum l_j \psi_j + \sum n_k \chi_k) = 1 / (\sum a_i U_i + \sum l_j \psi_j + \sum n_k \chi_k)$$

где $R_o^{усл}$ – усредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания, $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$; l_j – протяженность линейной неоднородности j -го вида, приходящаяся на $1 m^2$ фрагмента теплозащитной оболочки здания, $м/м^2$; ψ_j – удельные потери теплоты через линейную неоднородность j -го вида, $Вт/(м \cdot ^\circ C)$; n_k – количество точечных неоднородностей k -го вида, приходящихся на $1 m^2$ фрагмента теплозащитной оболочки здания, $шт/м^2$; χ_k – удельные потери теплоты через точечную неоднородность k -го вида, $Вт/^\circ C$; a_i – площадь плоского элемента конструкции i -го вида, приходящаяся на $1 m^2$ фрагмента теплозащитной оболочки здания, $м^2/м^2$;

$$a_i = A_i / \sum A_i;$$

где U_i – коэффициент теплопередачи однородной i -й части фрагмента теплозащитной оболочки здания (удельные потери теплоты через плоский элемент i -го вида), Вт/(м³·°C):

$$U_i = 1 / R_o^{ysl}.$$

2. Расчет удельной теплозащитной характеристики здания (по приложению Ж СП 50.13330):

Удельная теплозащитная характеристика здания, $k_{об}$, Вт/(м³·°C), рассчитывается по формуле:

$$k_{об} = (1 / V_{от}) \sum (n_{t,i} A_{\phi,i} / R_{o,i}^{np}) = K_{комп} K_{общ},$$

где $R_{o,i}^{np}$ – приведенное сопротивление теплопередаче i -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, (м²·°C)/Вт; $A_{\phi,i}$ – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м²; $V_{от}$ – отапливаемый объем здания, м³; $n_{t,i}$ – коэффициент, учитывающий отличие внутренней температуры в помещении от принятой в расчете ГСОП; определяется по формуле (5.3) СП 50.13330; $K_{общ}$ – общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°C), определяемый по формуле:

$$K_{общ} = (1 / A_n^{сум}) \sum (n_{t,i} A_{\phi,i} / R_{o,i}^{np}),$$

где $K_{комп}$ – коэффициент компактности здания, м⁻¹, определяемый по формуле:

$$K_{комп} = A_n^{сум} / V_{от},$$

где $A_n^{сум}$ – сумма площадей (по внутреннему обмеру) всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания, м².

Совокупность фрагментов теплозащитной оболочки здания должна полностью замыкать оболочку отапливаемой части здания.

Теплоустойчивость ограждающих конструкций в теплый период года и помещений здания в холодный период года.

Требования по теплоустойчивости ограждающих строительных конструкций в теплый период года и помещений здания или сооружения в холодный период года отражены в ст. 29, ч. 1 федерального закона № 384-ФЗ. Данные требования предъявляются к микроклимату помещений и являются наряду с другими обязательными требованиями нормами прямого действия.

Методика расчета теплоустойчивости ограждающих конструкций описана в разделе 6 действующей редакции СП 50.13330. Обязательные требования по теплоустойчивости согласно постановлению Правительства РФ № 1521 ограничиваются необходимостью применения солнцезащитных устройств в условиях жаркого климата. В СП 50.13330 приведены нормируемые значения коэффициента теплопропускания солнцезащитных устройств зданий различного функционального назначения (табл. 8, СП 50.13330), однако методики расчета теплопропускания солнцезащитных устройств нет.

Условие задачи

Рассчитайте сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции здания. Определите коэффициент неоднородности конструкции. Район строительства – Санкт-Петербург.

Назначение здания – жилое.

Расчетная температура: внутреннего воздуха $T_v = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; наружного воздуха $T_n = -26\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Зона влажности – влажная.

Влажностный режим помещений здания – нормальный.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций – «Б».

Теплотехнические характеристики материалов, применяемых в составе стенового ограждения:

- цементно-песчаный раствор $\gamma_0 = 1\,800\text{ кг/м}^3$, $\lambda_B = 0,93\text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- кирпичная кладка из обыкновенного глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе $\gamma_0 = 1\,800\text{ кг/м}^3$, $\lambda_B = 0,80\text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;

– кладка из стеновых неармированных блоков из автоклавного газобетона плотностью $\gamma_0 = 400 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_B = 0,14 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$.

Граничные условия:

Расчетный коэффициент теплоотдачи:

– внутренней поверхности стены $\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\text{}^\circ\text{C)}$;

– оконных блоков $\alpha_{\text{int}} = 8 \text{ Вт/(м}^2\text{}^\circ\text{C)}$;

– наружной поверхности стен, окон $\alpha_{\text{ext}} = 23 \text{ Вт/(м}^2\text{}^\circ\text{C)}$.

Конструктивное решение стены, состоящее из двух слоев (рис. 1.1):– внутреннего несущего слоя, выполненного кладкой из газобетонных блоков толщиной 300–400 мм в зависимости от региона строительства и его климатических параметров;– наружного облицовочного слоя из лицевого кирпича толщиной в один или два кирпича.

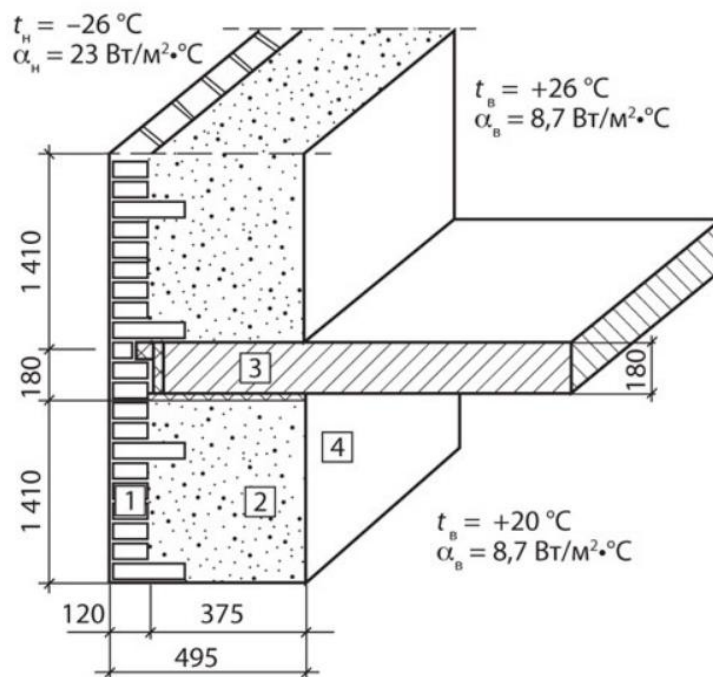


Рис. 1.1 Конструктивное решение наружной двухслойной стены:

Варианты ответов

Напишите значение коэффициента теплотехнической однородности r .

(!) А) 0,61

Б) 6,1

В) 2,99

Г) 1,81

Д) 1

Полное решение задачи

Решение показано на рис. 1.2

РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ		
Формула		Результат
$R_0^r = \frac{\sum_{(i)} A_i}{\sum_{(i)} (A_i / R_{0,i}^r)}$		1,81
$R_0 = R_{sl} + R_k + R_{se} = R_{sl} + \sum_{i=1}^n \delta_i / \lambda_i + R_{se}$		2,99
$r = R_0^r / R_0$		0,61

Особенности конструктивного решения участка стены	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_{0i}^r, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	Площадь $A_i, \text{ м}^2$
Глухой участок стены (без проемов)	2,09	61,20
Глухой участок стены с колонной (без проемов)	1,73	94,68
Участок стены с оконными проемами (при утеплении откосов)	1,76	82,12
Участок стены с балконными дверями (с учетом остекления лоджии)	1,77	40,90

Рис. 1.2. Результаты расчета (вариант оформления)

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0^r двухслойной стеновой конструкции, состоящей из внутреннего самонесущего слоя из газобетонных стеновых неармированных блоков марки по плотности D400 и наружного облицовочного слоя из лицевого керамического кирпича толщиной 120 мм, вычисленное на основе расчета температурных полей для типового промежуточного этажа многоквартирного жилого здания, составляет 1,81 $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Конструкция рассмотренного стенового ограждения (рис. 1) не удовлетворяет нормативным требованиям по тепловой защите ($R_{\text{req}} = 3,08 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$).

Конструкция стенового ограждения (рис. 1) не удовлетворяет минимально допустимым требованиям по тепловой защите ($R_{\text{min}} = 1,94 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$).

Коэффициент теплотехнической однородности r конструкции наружной стены, выполненной кладкой из газобетонных блоков марки по плотности D400 с облицовочным слоем из лицевого кирпича, не превышает 0,61.

Фактическое значение коэффициента теплотехнической однородности рассматриваемого конструктивного решения, с учетом качества доставленных на объект изделий и качества их монтажа, может оказаться существенно меньшим по сравнению с расчетным значением.

Для обеспечения нормативных требований к уровню тепловой защиты наружных стен зданий в составе стенового ограждения (рис. 1) следует либо увеличивать толщину газобетонных блоков в составе двухслойной стеновой конструкции, либо использовать промежуточный слой из теплоизоляционных материалов с расчетной теплопроводностью не более $0,05 \text{ Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$. Слой теплоизоляции следует располагать между газобетонным и лицевым (облицовочным) слоями.

Во всех случаях для эффективного удаления влаги из состава стенового ограждения между слоем теплоизоляции и лицевым кирпичом следует предусматривать вентилируемый зазор, эффективное сечение которого (толщина) должно определяться расчетом.

Задание для самостоятельного решения

Вариант для таблицы 1.1 и Приложения 1 определяются по таблице ниже: I – предпоследняя цифра, II – последняя цифра номера зачетки.

II \ I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 1.1.

Вар.	Город	Несущая конструкция
1	Архангельск	-стена: керамзитобетон на керамзитовом песке 1800кг/м ³ -390 мм -утеплитель: Плита из пенополистирола , 12кг/м ³ -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
2	Астрахань	-стена: Керамзитобетон на керамзитовом песке 1400кг/м ³ -390мм -утеплитель: Плиты из стеклянного штапельного волокна 15кг/м ³ -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб пустотные 220 мм
3	Барнаул	-стена: керамзитобетон на керамзитовом песке 1800кг/м ³ -390 мм -утеплитель: Плита из пенополистирола , 12кг/м ³ -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
4	Брянск	-стена: Керамзитобетон на керамзитовом песке 1400кг/м ³ -390мм -утеплитель: Плиты из стеклянного штапельного волокна 15кг/м ³ -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб пустотные 220 мм
5	Белгород	-стена: Керамзитобетон на керамзитовом песке 1200кг/м ³ – 390 мм -утеплитель: Плита из пенополистирола , 25кг/м ³ -штукатурный слой – 10мм

Вар.	Город	Несущая конструкция
		-перекрытие- жб 300 мм
6	Владимир	-стена: Перлитобетон 1200кг/м3 – 300 мм -утеплитель: Экструдированный пенополистирол -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб пустотные 220 мм
7	Владивосток	-стена: газо-пенобетон на цементном вяжущем 1200кг/м3 – 200 мм -утеплитель: Пенополиуретан -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб пустотные 220 мм
8	Волгоград	-стена: Кирпич глиняный обыкновенный на цем.-шлак. р-ре -380 мм -утеплитель: Плиты из стеклянного штапельного волокна 20кг/м3 -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
9	Воркута (Усть Воркута)	-стена: Сосна и ель поперек волокна 250мм -утеплитель: Листы гипсовые обшивные (сухая штукатурка)1050 кг/м3 -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- деревянные 250 мм
10	Грозный	-стена: Кирпич гладкий керамического пустотного, 1400кг/м3, на цем.-пес. р-ре – 510 мм -утеплитель: Листы гипсовые обшивные (сухая штукатурка)1050 кг/м3 -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
11	Екатеринбург (Свердловск)	-стена: Кирпич гладкий керамический пустот., 1300кг/м3, на цем.-пес. р-ре -380 мм -утеплитель: Плита из пенополистирола , 30кг/м3 -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб пустотная 300 мм
12	Иваново	-стена: кирпич гладкий керамический пустот., 1000кг/м3, на цем.-пес. р-ре – 510 мм -утеплитель: Плиты из стеклянного штапельного волокна 30кг/м3 -штукатурный слой – 10мм

Вар.	Город	Несущая конструкция
		-перекрытие- жб пустотная 300 мм
13	Иркутск	-стена: Кирпич силикатный 11-ипустотного на цем.-пес. р-ре - 380 -утеплитель: Плита из пенополистирола , 20кг/м3 -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
14	Казань	-стена: газо-пенобетон на цементном вяжущем 1000кг/м3 – 200мм -утеплитель: Листы гипсовые обшивные (сухая штукатурка)800 кг/м3 -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
15	Кемерово	-стена: Кирпич глиняный обыкновенный на цем. р-ре – 510 мм -утеплитель: Плиты минераловатные из каменного волокна -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб пустотная 300 мм
16	Магадан (по бухте Нагаева)	-стена: керамзитобетон на керамзитовом песке 1800кг/м3 -390 мм -утеплитель: Плита из пенополистирола , 12кг/м3 -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
17	Якутск	-стена: Керамзитобетон на керамзитовом песке 1400кг/м3 -390мм -утеплитель: Плиты из стеклянного штапельного волокна 15кг/м3 -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб пустотные 220 мм
18	Мурманск	-стена: Керамзитобетон на керамзитовом песке 1200кг/м3 – 390 мм -утеплитель: Плита из пенополистирола , 25кг/м3 -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
19	Н. Новгород (Горький)	-стена: Перлитобетон 1200кг/м3 – 300 мм -утеплитель: Экструдированный пенополистирол -штукатурный слой – 10мм

Вар.	Город	Несущая конструкция
		-перекрытие- жб пустотные 220 мм
20	Новосибирск	-стена: газопенобетон на цементном вяжущем 1200кг/м ³ – 200 мм -утеплитель: Пенополиуретан -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб пустотные 220 мм
21	Омск	-стена: газопенобетон на цементном вяжущем 1000кг/м ³ – 300 мм -утеплитель: Плиты фибролитовые на портландцементе -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
22	Благовещинск	-стена: Кирпич глиняный обыкновенный на цем. р-ре – 510 мм -утеплитель: Плиты минераловатные из каменного волокна -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб пустотные 220 мм
23	Пермь	-стена: Кирпич глиняный обыкновенный на цем.-шлак. р-ре -380 мм -утеплитель: Плиты из стеклянного штапельного волокна 20кг/м ³ -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
24	Петрозаводск	-стена: керамзитобетон на керамзитовом песке 1800кг/м ³ -390 мм -утеплитель: Плита из пенополистирола , 12кг/м ³ -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
25	Анадырь	-стена: Керамзитобетон на керамзитовом песке 1400кг/м ³ -390мм -утеплитель: Плиты из стеклянного штапельного волокна 15кг/м ³ -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб пустотные 220 мм
26	С.-Петербург (Ленинград)	-стена: Керамзитобетон на керамзитовом песке 1200кг/м ³ – 390 мм -утеплитель: Плита из пенополистирола , 25кг/м ³

Вар.	Город	Несущая конструкция
		-штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
27	Г.Южно-Сахалинск	-стена: Перлитобетон 1200кг/м ³ – 300 мм -утеплитель: Экструдированный пенополистирол -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб пустотные 220 мм
28	Смоленск	-стена: Кирпич силикатный 11-ипустотного на цем.-пес. р-ре - 380 -утеплитель: Плита из пенополистирола , 20кг/м ³ -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
29	Сочи	-стена: газо-пенобетон на цементном вяжущем 1000кг/м ³ – 200мм -утеплитель: Листы гипсовые обшивные (сухая штукатурка)800 кг/м ³ -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб 300 мм
30	Сургут	-стена: Кирпич глиняный обыкновенный на цем. р-ре – 510 мм -утеплитель: Плиты минераловатные из каменного волокна -штукатурный слой – 10мм -перекрытие- жб пустотная 300 мм

Дополнительно смотри данные в Приложении 1 к Разделу 2 «Эксплуатация ограждающих конструкций»

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2: Способы определения температуры внутренних поверхностей стен в местах теплотехнических неоднородностей.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующие расчеты:

- определите по СП 131.13330 климатические данные;
- рассчитать температуру внутренней поверхности стены.

Условия задания

Рассчитать температуру внутренней поверхности стены.

Расчет температуры внутренней поверхности стены

Температура внутренней поверхности ограждения τ_{si} , °С, должна быть выше точки росы t_d , °С.

Температуру внутренней поверхности, τ_{si} , стен следует определять по формуле 2.1:

$$\tau_{si} = t_{int} - (n \cdot (t_{int} - t_{ext})) / (R_o^r \cdot \alpha_{int}), \quad (2.1)$$

где t_{int} – температура внутреннего воздуха помещения, °С; n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в СП 50.13330.2012; t_{ext} – температура наружного воздуха холодной пятидневки, °С, по СП 131.13330.2017; R_o^r – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (м²·°С)/Вт; α_{int} – коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С), по таблице 4 СП 50.13330.2012.

Температура точки росы определяется по таблицы 2.1 (в исходных данных).

Влажность воздуха в помещении определяется по таблице 1 СП 50.13330.2012. Условия эксплуатации ограждающей конструкции определяется по таблице 2 СП 50.13330.2012.

Температурный перепад, °C, между температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции и температурой внутреннего воздуха нормируется таблицей 5 СП 50.13330.2012.

Расчётное значение перепада не должно превышает нормируемой величины. $\Delta t_{\text{рас}} < \Delta t^H$, °C, и определяется по формуле 2.2:

$$\Delta t_{\text{рас}} = t_{\text{int}} - \tau_{si}, \quad (2.2)$$

Условие задачи

Рассчитать температуру внутренней поверхности стены. Дано: Район: Москва, $t_{\text{int}} = 20$ °C, $n=1$, $t_{\text{ext}} = -37$ °C, $R_o^r = 3,602$ (м²·°C)/Вт, $\alpha_{\text{int}} = 8,7$ Вт/(м²·°C), $\varphi=54$ %.

Варианты ответов

Дайте ответ в виде неравенства: $\Delta t_{\text{рас}} <(>) \Delta t^H$.

А) $18,2 > 4$

(!) Б) $1,82 < 4$

В) $182 > 4$

Г) $4 > 1,82$

Д) $1,82 < 40$

Полное решение задачи

Пример решения

Дано:

Район: Москва

$t_{\text{int}} = 20$ °C, $n=1$

$t_{\text{ext}} = -37$ °C

$R_o^r = 3,602$ (м²·°C)/Вт

$\alpha_{\text{int}} = 8,7$ Вт/(м²·°C)

$\varphi=54$ %

Решение:

По формуле 2.1: $\tau_{si} = 20 - \frac{1 \cdot (20 - (-37))}{3,602 \cdot 8,7} = 18,18$ °C

Температура точки росы по табл. 2.1 равна:

$t_p = 10,7$ °C, она меньше τ_{si} , значит образование конденсата на поверхности стены не будет.

Температурный перепад для стен равен $\Delta t^H = 4$ °C

Расчетное значение перепада $\Delta t = 20 - 18,8 = 1,82$ °C. Условие выполняется: $\Delta t_{\text{рас}} < \Delta t^H$.

Задание для самостоятельного решения

Вариант для таблицы 2.1 и Приложения 1 определяются по таблице ниже: I – предпоследняя цифра, II – последняя цифра номера зачетки.

II \ I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 2.1

Исходные данные по вариантам

Вар .	Город	Вар .	Город	Вар .	Город	Вар .	Город
1	Архангельск	9	Воркута (Усть Воркута)	17	Якутск	25	Анадырь
2	Астрахань	10	Грозный	18	Мурманск	26	С.-Петербург (Ленинград)
3	Барнаул	11	Екатеринбург (Свердловск)	19	Н. Новгород (Горький)	27	Г.Южно-Сахалинск
4	Брянск	12	Иваново	20	Новосибирск	28	Смоленск
5	Белгород	13	Иркутск	21	Омск	29	Сочи
6	Владимир	14	Казань	22	Благовещинск	30	Сургут
7	Владивосток	15	Кемерово	23	Пермь	31	
8	Волгоград	16	Магадан (по бухте Нагаева)	24	Петрозаводск	32	

Таблица 2.2

Определение точки росы в зависимости от температуры и влажности воздуха

Температура воздуха	Относительная влажность воздуха													
	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
-10°C	-23,2	-21,8	-20,4	-19,0	-17,8	-16,7	-15,8	-14,9	-14,1	-13,3	-12,6	-11,9	-10,6	-10,0
-5°C	-18,9	-17,2	-15,8	-14,5	-13,3	-11,9	-10,9	-10,2	-9,3	-8,8	-8,1	-7,7	-6,5	-5,8
0°C	-14,5	-12,8	-11,3	-9,9	-8,7	-7,5	-6,2	-5,3	-4,4	-3,5	-2,8	-2	-1,3	-0,7
+2°C	-12,8	-11,0	-9,5	-8,1	-6,8	-5,8	-4,7	-3,6	-2,6	-1,7	-1	-0,2	-0,6	+1,3
+4°C	-11,3	-9,5	-7,9	-6,5	-4,9	-4,0	-3,0	-1,9	-1,0	+0,0	+0,8	+1,6	+2,4	+3,2
+5°C	-10,5	-8,7	-7,3	-5,7	-4,3	-3,3	-2,2	-1,1	-0,1	+0,7	+1,6	+2,5	+3,3	+4,1
+6°C	-9,5	-7,7	-6,0	-4,5	-3,3	-2,3	-1,1	-0,1	+0,8	+1,8	+2,7	+3,6	+4,5	+5,3
+7°C	-9,0	-7,2	-5,5	-4,0	-2,8	-1,5	-0,5	+0,7	+1,6	+2,5	+3,4	+4,3	+5,2	+6,1
+8°C	-8,2	-6,3	-4,7	-3,3	-2,1	-0,9	+0,3	+1,3	+2,3	+3,4	+4,5	+5,4	+6,2	+7,1
+9°C	-7,5	-5,5	-3,9	-2,5	-1,2	+0,0	+1,2	+2,4	+3,4	+4,5	+5,5	+6,4	+7,3	+8,2
+10°C	-6,7	-5,2	-3,2	-1,7	-0,3	+0,8	+2,2	+3,2	+4,4	+5,5	+6,4	+7,3	+8,2	+9,1
+11°C	-6,0	-4,0	-2,4	-0,9	+0,5	+1,8	+3,0	+4,2	+5,3	+6,3	+7,4	+8,3	+9,2	+10,1
+12°C	-4,9	-3,3	-1,6	-0,1	+1,6	+2,8	+4,1	+5,2	+6,3	+7,5	8,6	+9,5	+10,4	+11,7
+13°C	-4,3	-2,5	-0,7	+0,7	+2,2	+3,6	+5,2	+6,4	+7,5	+8,4	+9,5	+10,5	+11,5	+12,3
+14°C	-3,7	-1,7	-0,0	+1,5	+3,0	+4,5	+5,8	+7,0	+8,2	+9,3	+10,3	+11,2	+12,1	+13,1
+15°C	-2,9	-1,0	+0,8	+2,4	+4,0	+5,5	+6,7	+8,0	+9,2	+10,2	+11,2	+12,2	+13,1	+14,1
+16°C	-2,1	-0,1	+1,5	+3,2	+5,0	+6,3	+7,6	+9,0	+10,2	+11,3	+12,2	+13,2	+14,2	+15,1
+17°C	-1,3	+0,6	+2,5	+4,3	+5,9	+7,2	+8,8	+10,0	+11,2	+12,2	+13,5	+14,3	+15,2	16,6
+18°C	-0,5	+1,5	+3,2	+5,3	+6,8	+8,2	+9,6	+11,0	+12,2	+13,2	+14,2	+15,3	+16,2	+17,1
+19°C	+0,3	+2,2	+4,2	+6,0	+7,7	+9,2	+10,5	+11,7	+13,0	+14,2	+15,2	+16,3	+17,2	18,1
+20°C	+1,0	+3,1	+5,2	+7,0	+8,7	+10,2	+11,5	+12,8	+14,0	+15,2	+16,2	+17,2	+18,1	+19,1
+21°C	+1,8	+4,0	+6,0	+7,9	+9,5	+11,1	+12,4	+13,5	+15,0	+16,2	+17,2	+18,1	+19,1	+20,0
+22°C	+2,5	+5,0	+6,9	+8,8	+10,5	+11,9	+13,5	+14,8	+16,0	+17,0	+18,0	+19,0	+20,0	+21,0
+23°C	+3,5	+5,7	+7,8	+9,8	+11,5	+12,9	+14,3	+15,7	+16,9	+18,1	+19,1	+20,0	+21,0	+22,0
+24°C	+4,3	+6,7	+8,8	+10,8	+12,3	+13,8	+15,3	+16,5	+17,8	+19,0	+20,1	+21,1	+22,0	+23,0
+25°C	+5,2	+7,5	+9,7	+11,5	+13,1	+14,7	+16,2	+17,5	+18,8	+20,0	+21,1	+22,1	+23,0	+24,0
+26°C	+6,0	+8,5	+10,6	+12,4	+14,2	+15,8	+17,2	+18,5	+19,8	+21,0	+22,2	+23,1	+24,1	+25,1
+27°C	+6,9	+9,5	+11,4	+13,3	+15,2	+16,5	+18,1	+19,5	+20,7	+21,9	+23,1	+24,1	+25,0	+26,1
+28°C	+7,7	+10,2	+12,2	+14,2	+16,0	+17,5	+19,0	+20,5	+21,7	+22,8	+24,0	+25,1	+26,1	+27,0
+29°C	+8,7	+11,1	+13,1	+15,1	+16,8	+18,5	+19,9	+21,3	+22,5	+22,8	+25,0	+26,0	+27,0	+28,0
+30°C	+9,5	+11,8	+13,9	+16,0	+17,7	+19,7	+21,3	+22,5	+23,8	+25,0	+26,1	+27,1	+28,1	+29,0
+32°C	+11,2	+13,8	+16,0	+17,9	+19,7	+21,4	+22,8	+24,3	+25,6	+26,7	+28,0	+29,2	+30,2	+31,1
+34°C	+12,5	+15,2	+17,2	+19,2	+21,4	+22,8	+24,2	+25,7	+27,0	+28,3	+29,4	+31,1	+31,9	+33,0
+36°C	+14,6	+17,1	+19,4	+21,5	+23,2	+25,0	+26,3	+28,0	+29,3	+30,7	+31,8	+32,8	+34,0	+35,1
+38°C	+16,3	+18,8	+21,3	+23,4	+25,1	+26,7	+28,3	+29,9	+31,2	+32,3	+33,5	+34,6	+35,7	+36,9
+40°C	+17,9	+20,6	+22,6	+25,0	+26,9	+28,7	+30,3	+31,7	+33,0	+34,3	+35,6	+36,8	+38,0	+39,0

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3: Уровень теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Расчет удельных энергетических характеристик здания.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующие расчеты:

- определить удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания
- определить расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период
- определить расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

Расчет удельных энергетических характеристик здания включает:

1. Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания (по приложению Г СП 50.13330).

Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{от}^p$, Вт/(м³·°C), определяют по формуле 3.1:

$$q_{от}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \nu \xi] (1 - \xi) \beta_h \quad (3.1)$$

где $k_{об}$ - удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³·°C), определяется по приложению Ж СП 50.13330; $k_{вент}$ - удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м³·°C); $k_{быт}$ - удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м³·°C); $k_{рад}$ - удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м³·°C); ξ - коэффициент, учитывающий снижение тепlopотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление; β_h - коэффициент, учитывающий дополнительное тепlopотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными тепlopотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях тепlopотерями тру-

бопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения; для зданий с отапливаемыми подвалами $\beta_h = 1,07$; V – коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; определяется по формуле 3.2:

$$V = 0,7 + 0,000025(\text{ГСОП}-1000), \quad (3.2)$$

где ζ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения в Приложении Г СП 50.13330.

Удельную вентиляционную характеристику здания, $k_{\text{вент}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, определяют по СП 50.13330, формула 3.3:

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \, c n_v \beta_v \rho_v^{\text{вент}} (1 - k_{\text{эф}}) \quad (3.3)$$

где C – удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \, \text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; β_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций; принимается равным $\beta_v = 0,85$; $\rho_v^{\text{вент}}$ – средняя плотность приточного воздуха за отопительных период, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$$\rho_v^{\text{вент}} = 353 / [273 + t_{\text{от}}] \quad (3.4)$$

где n_v – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч^{-1} ; $k_{\text{эф}}$ – коэффициент эффективности рекуператора, для рассматриваемого здания равен нулю.

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, n_v , ч^{-1} , рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по СП 50.13330, формула 3.5:

$$n_v = [(L_{\text{вент}} n_{\text{вент}}) / 168 + (G_{\text{инф}} n_{\text{инф}}) / (168 \rho_v^{\text{вент}})] / (\beta_v V_{\text{от}}) \quad (3.5)$$

где $L_{\text{вент}}$ – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое при механической вентиляции, $\text{м}^3/\text{ч}$, принимаемое по Приложению Г СП 50.13330; $n_{\text{вент}}$ – число часов работы механической вентиляции в течение недели; 168 – число часов в неделе; $G_{\text{инф}}$ – количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в помещения общественного здания через неплотности заполнения проемов, полагая, что все они находятся на наветренной стороне, определяется по СП 50.13330 формула 3.6:

$$G_{\text{инф}} = (A_{\text{ок}} / R_{\text{и, ок}}^{\text{мп}}) (\Delta p_{\text{ок}} / 10)^{2/3} + (A_{\text{дв}} / R_{\text{и, дв}}^{\text{мп}}) (\Delta p_{\text{дв}} / 10)^{1/2} \quad (3.6)$$

где $A_{ок}$ и $A_{дв}$ – соответственно суммарная площадь окон, витражей и входных наружных дверей, м²; $R_{и, ок}^{тр}$ и $R_{и, дв}^{тр}$ – соответственно сопротивление воздухопроницанию окон, витражей и входных наружных дверей, (м² · ч)/кг; $\Delta p_{ок}$ и $\Delta p_{дв}$ – соответственно расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха, Па, для окон, витражей и входных наружных дверей; $n_{инф}$ – число часов учета инфильтрации в течение недели, равное 168 – $n_{вет}$ для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции; $V_{от}$ – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания, м³.

Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, $k_{быт}$, Вт/(м³ · °С) определяется по СП 50.13330, формула 3.7:

$$k_{быт} = (q_{быт} A_p) / V_{от} (t_v - t_{от}) \quad (3.7)$$

где $q_{быт}$, Вт/м², – величина бытовых тепловыделений на 1 м² расчетной площади общественного здания (), A_p – принимаемая по приложению Г СП 50.13330; A_p – расчетная площадь общественного здания, м².

Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, $k_{рад}$, Вт/(м³ · °С), определяется по СП 50.13330, формула 3.8:

$$k_{рад} = 11,6 Q_{рад}^{год} / (V_{от} ГСОП) \quad (3.8)$$

где $Q_{рад}^{год}$ – теплопоступления через окна и витражи от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, формула 3.9:

$$Q_{рад}^{год} = \tau_{1ок} \tau_{2ок} (A_{ок1} I_1 + A_{ок2} I_2 + A_{ок3} I_3 + A_{ок4} I_4) + \tau_{1фон} \tau_{2фон} A_{фон} I_{гор} \quad (3.9)$$

где $\tau_{1ок}$ $\tau_{1фон}$ – коэффициенты относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений соответственно окон и зенитных фонарей; $\tau_{2ок}$ $\tau_{2фон}$ – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема соответственно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения; $(A_{ок1}, A_{ок2}, A_{ок3}, A_{ок4})$ – площадь светопроемов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырем направлениям, м²; $A_{фон}$ – площадь светопроемов зенитных фонарей здания, м²; I_1, I_2, I_3, I_4 – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных

условиях облачности, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания, МДж/(м² год). $I_{гор}$ – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, МДж/(м² год); $V_{от}$ – отапливаемый объем здания, м³;

Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, $q_{от}^{mp}$, Вт/(м³·°С), определяется по таблице 14 СП 50.13330.

2. Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, $Q_{от}^{zod}$, кВт·ч / год, определяется по приложению Г СП 50.13330:

$$Q_{от}^{zod} = 0,024 \Gamma COIV_{от} q_{от}^p \quad (3.10)$$

Общие теплопотери здания за отопительный период $Q_{общ}^{zod}$, кВт·ч / год определяется по формуле 3.11 приложению Г СП 50.13330:

$$Q_{от}^{zod} = 0,024 \Gamma COIV_{от} (k_{об} + k_{вент}) \quad (3.11)$$

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период q , кВт/(м²·год), определяется по формуле 3.12:

$$q = Q_{от}^{zod} / A_{от} \quad (3.12)$$

Оценка уровня теплозащиты рассматриваемого объекта и его энергоэффективности проводится на основе расчетов, выполненных по:

- СП 50.13330.2012. «СНиП -23-02-2003 Тепловая защита зданий»;
- СП 230.1325800.2015. «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей».

Удельная теплозащитная характеристика здания, $k_{об}$, Вт/(м³·°С), рассчитывается по формуле 3.13-3.15:

$$k_{об} = (1 / V_{от}) \sum (n_{t,i} A_{ф,i} / R_{o,i}^{np}) \quad (3.13)$$

$$K_{общ} = (1 / A_n^{сум}) \sum (n_{t,i} A_{ф,i} / R_{o,i}^{np}), \quad (3.14)$$

$$K_{комп} = A_n^{сум} / V_{от}, \quad (3.15)$$

где $A_n^{сум}$ – сумма площадей (по внутреннему обмеру) всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания, м².

Совокупность фрагментов теплозащитной оболочки здания, характеристики которых используются в формулах 3.13-3.15, полностью замыкает оболочку отапливаемой части здания. Климатические параметры района строительства принимаются по СП 131.13330.

3. Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, q_{om}^p , Вт/(м³·°C), определяют по формуле 3.16 (Г.1) СП 50.13330:

$$q_{om}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \nu \zeta] (1 - \xi) \beta_h \quad (3.16)$$

Удельную вентиляционную характеристику здания, $k_{вент}$, Вт/(м³·°C), определяют по формуле 3.17 (Г.2) СП 50.13330:

$$k_{вент} = 0,28 \, \text{сн}_в \beta_v \rho_v^{вент} (1 - k_{эф}) \quad (3.17)$$

где t_{om} – то же самое, что и в формуле (5.2) СП 50.13330.

$$n = n_{61} + n_{62} + n_{63} + n_{64}.$$

Средняя кратность воздухообмена в жилой части здания за отопительный период n_{61} , определяется согласно Г.3 СП 50.13330:

$$n_{61} = L_{вент} / \beta_v V_{om},$$

причем в качестве $L_{вент}$ принимается большее из двух значений.

Условие задачи

Определить удельные энергетические характеристики здания. Средняя температура отопительного периода $t_{om} = -2,2$ °C. Продолжительность отопительного периода $z_{om} = 205$ сут. Температура внутреннего воздуха $t_e = 20$ °C. В проектируемом здании m – количество жильцов – 326 чел.

Таблица 3.1

Описание ограждающих конструкций здания

Ограждающая конструкция	Площадь, м²	Приведенное сопротивление теплопередаче, м²·°C/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности, r
Стены фасадов без проемов	8200,7	2,07	0,446

Окна	3962,7	0,76	-
Витражи	1784	0,76	-
Наружные двери остекленные	69,4	0,96	-
Наружные двери глухие	10,5	1,14	-
Окна и витражи ЛЛЮ	101,8	0,76	-
Фасады всего здания	13142,1	-	-
Покрытие здания	5683,8	4,15	0,56
Перекрытие над автостоянкой	3900,6	3,21	0,8
Перекрытие над проездом	388,1	5,51	-
Перекрытие над рампой	220,1	5,08	-
Отапливаемый объем здания, м ³	97772,0	-	-

Варианты ответов

Напишите значения приведенных сопротивлений теплопередаче стен для 3 типов : $R_{o,i}^{np}$ м²·°C/Вт.

А) 214; 198;215.

(!) Б) 2,14; 1,98;2,15.

(!) В) 1,98; 2,14; 2,15.

(!) Г) 1,98;2,15; 2,14.

Д) 21,4; 19,8;21,5.

Полное решение задачи

Определяем ГСОП: $ГСОП = (t_6 - t_{om})z_{om} = (20 - (-2,2)) 205 = 4551$ °C сут.

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней температуры первого этажа, где находятся входные наружные двери и лестнично-лифтовые узлы (18 °C), от температуры основных помещений, рассчитанный по формуле (5.3) СП 50.13330, составляет:

$$n_1 = (t_6^* - t_{om}) / (t_6 - t_{om}) = (18 - (-2,2)) / (20 - (-2,2)) = 0,91$$

$$n_1 = (t_{\text{в}}^* - t_{\text{ом}})/(t_{\text{в}} - t_{\text{ом}}) = (20 - 5)/(20 - (-2,2)) = 0,67$$

для перекрытия над подземной автостоянкой.

Удельная теплозащитная характеристика здания рассчитывается по формуле 3.13.

$$k_{об} = (1/97772,0) \times (8200,7/2,07 + 3962,7/0,76 + 1784,0/0,76 + 69,4/0,96 + 10,5/1,14 + 101,8/0,76 + 5683,8/4,15 + 3900,6/3,21 + 388,1/5,51 + 20,1/5,08) = 0,148 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Детали расчета сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{\phi,i}, \text{ м}^2$	$R_{o,i}^{\text{пп}}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$n_{t,i} A_{\phi,i} / R_{o,i}^{\text{пп}}$	%
Стены фасадов без проемов	1	8200,7	2,07	3961,7	29,48
Окна и витражи	1	5746,7	0,76	7561,4	56,26
Окна и витражи ЛЛУ	0,91	101,7	0,76	121,8	0,9
Наружные двери остекленные	0,91	69,4	0,96	65,8	0,49
Наружные двери глухие утепленные	0,91	10,5	1,14	8,38	0,06
Покрытие	1	5683,8	7,4	768,1	5,71
Перекрытие на подземной автостоянкой	0,69	3900,6	3,21	838,4	6,23
Перекрытие над проездом и нависающие консоли над проходами	1	388,1	5,51	70,4	0,52
Перекрытие над рампой	1	220,1	5,08	43,3	0,32
Сумма	-	24321,6	-	13439,3	100

$$K_{\text{общ}} = 13439,3/24321,6 = 0,55.$$

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется по формуле (3.13-3.15) СП 50.13330:

$$k_{об}^{TP} = (0,16 + 10 / \sqrt{V_{от}}) / (0,00013 \text{ ГСОП} + 0,61) = (0,16 + 10 / 97772,0) / (0,00013 \times 4551 + 0,61) = 0,172 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C)}.$$

Удельная теплозащитная характеристика здания меньше нормируемой величины:

$$k_{об} = 0,148 \leq k_{об}^{TP} = 0,172.$$

Наружная оболочка здания удовлетворяет нормативным требованиям.

3 Расчет.

В проектируемом здании m – количество жильцов – 326 чел.

$$L_{вент} = 30m = 30 \times 326 = 9780 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$L_{вент} = 0,35 \times 3,1 \times A_{ж} = 0,35 \times 3,1 \times 12118,0 = 13148,0 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В данном случае второе значение больше, поэтому оно используется в расчете.

$$n_{в1} = 13148,0 / 0,85 \times 97772,0 = 0,158 \text{ ч}^{-1}$$

$$n_{в} = \left[\left(L_{вент} n_{вент} \right) / 168 + \left(G_{инф} n_{инф} \right) / \left(168 \rho_{в}^{вент} \right) \right] / \left(\beta_v V_{от} \right)$$

$L_{вент}$ – количество приточного воздуха в здание, нормируемое при механической вентиляции и равное $4 A_p$ для нежилой части здания, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$$L_{вент} = 4 \times A_p = 4 \times 4158,0 = 16632,0 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$n_{вент} = 40 \text{ ч}$$

$$G_{инф} = 0,15 \times 0,85 V_{общ}$$

$$G_{инф} = 0,15 \times 0,85 \times 31016,0 = 3954,5 \text{ кг/ч}$$

$$n_{инф} = 168 - 40 = 128 \text{ ч}$$

$$n_{в2} = \left[(16632,0 \times 40) / 168 + (3954,5 \times 128) / (168 \times 1,3) \right] / (0,85 \times 97772,0) = 0,095 \text{ ч}^{-1}.$$

Средняя кратность воздухообмена окон и витражей ЛЛУ (площадь 101,8 м²) и входных наружных дверей (79,9 м²) за отопительный период $n_{вз}$ определяется согласно ГЗ СП 50.13330:

$$G_{инф} = \sum A_{ок} / R_{и.ок} (\Delta p_{ок} / 10)^{2/3} + A_{дв} / R_{и.дв} (\Delta P / 10^{1/2})$$

$$\Delta p_{ок} = 0,28 \times H(\gamma_n - \gamma_v) + 0,3\gamma_n(v)^2 \text{ для окон и витражей;}$$

$$\Delta p_{ок} = 0,55 \times H(\gamma_n - \gamma_v) + 0,3\gamma_n(v)^2 \text{ для наружных дверей.}$$

$$\Delta p_{ок} = 0,55 \times 25,5(12,78 - 11,9) + 0,3 \times 12,8(2,0)^2 = 13,9 \text{ Па;}$$

$$G_{инф} = (101,8/0,13) \times (7,81/10)^{2/3} + (79,9/0,13) \times (13,9/10)^{1/2} =$$

$$1673,7 \text{ кг/ч;}$$

$$n_{вз} = [(1673,7 \times 168) / (168 \times 1,3)] / 0,85 \times 97772,0 = 0,015 \text{ ч}^{-1}.$$

Площадь помещений СПА равна $A_p = 1077,4 \text{ м}^2$; объем $V = 4291,4 \text{ м}^3$.

$L_{вент}$ – количество приточного воздуха в здание физкультурно оздоровительного комплекса, нормируемое при принудительной вентиляции, равно $10 A_p \text{ м}^3/\text{ч}$ (9 часов в день, 5-дневная рабочая неделя).

$$L_{вент} = 10 \times 1077,4 = 10774 \text{ м}^3/\text{ч;}$$

$$n_{вент} = 45 \text{ ч;}$$

$$G_{инф} = 0,2 \times 0,85 \times 4291,4 = 729,5 \text{ кг/ч;}$$

$$n_{инф} = 168 - 45 = 123 \text{ ч}$$

$$n_{в4} = [(10774,0 \times 45) / 168 + (729,5 \times 123) / (168 \times 1,3)] / (0,85 \times 97772,0)$$

$$= 0,04 \text{ ч}^{-1};$$

$$n = 0,158 + 0,095 + 0,015 + 0,04 = 0,308 \text{ ч}^{-1};$$

$$k_{вент} = 0,28 c n_v \rho_v^{вент} (1 - k_{эф}) = 0,28 \times 1 \times 0,308 \times 0,85 \times 1,3 = 0,095$$

$$\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, $k_{быт}$, Вт/(м³·°C), определяется по формуле (Г.6) СП 50.13330:

$$k_{быт} = (q_{быт} A_{ж}) / V_{от} (t_v - t_{от})$$

где $q_{быт}$ – величина бытовых тепловыделений на 1 м² расчетной площади общественного здания (A_p); учитывается расчетное количество людей, нахо-

дящихся в здании, мощность освещения и оргтехники с учетом рабочих часов в неделю; в от ж t_e , t_{om} , $A_{ж}$ указано ранее.

Расчетная площадь нежилых этажей кроме помещений СПА $A_p = 3080,6$ м²; 8-часовой рабочий день, 5-дневная рабочая неделя.

Количество служащих и посетителей около 330 чел.

$$q_{быт1} = [(3080,6 \times 25 \times 0,5 + 10,0 \times 3080,6 \times 0,9 + 90 \times 330) \times 5 \times 8 / 7] \\ / (24 \times 3080,6) = 7,41 \text{ Вт/м}^2;$$

$$k_{быт1} = (7,41 \times 3080,6) / 97772,0 (20 - (-2,2)) = 0,0105 \\ \text{Вт/(м}^3 \cdot ^\circ\text{C)}.$$

В помещении СПА (фитнес-центр) 9-часовой рабочий день, 5-дневная рабочая неделя.

Расчетная площадь 1077,4 м². Количество посетителей около 70 чел.

$$q_{быт2} = [(1077,4 \times 25 \times 0,7 + 10,0 \times 1077,4 \times 0,8 + 90 \times 70) \times 5 \times 9 / 7] \\ / (24 \times 1077,4) = 8,4 \text{ Вт/м}^2;$$

$$k_{быт2} = (8,4 \times 1077,4) / 97772,0 (20 \times (\times 2,2)) = 0,0037 \\ \text{Вт/(м}^3 \cdot ^\circ\text{C)}.$$

В жилой части здания на одного жильца приходится $14019,2/326 = 43,0$ м².

$$q_{быт3} = 17 + (10 - 17)(43,0 - 20) / (45 - 20) = 10,59 \text{ Вт/м}^2.$$

Жилая площадь квартир 66756,0 м².

$$k_{быт3} = (10,59 \times 14019,2) / 97772,0 (20 - (-2,2)) = 0,068 \\ \text{Вт/(м}^3 \cdot ^\circ\text{C)};$$

$$k_{быт} = k_{быт1} + k_{быт2} + k_{быт3} = 0,0105 + 0,0037 + 0,068 = \\ 0,082 \text{ Вт/(м}^3 \cdot ^\circ\text{C)}.$$

Удельная характеристика теплоступлений в здание от солнечной радиации $k_{рад}$, Вт/(м³·°C), определяется по формуле (Г.7) СП 50.13330:

$$k_{рад} = |11,6 Q_{рад}^{zod} / (V_{om} \Gamma_{СОП})|$$

где $Q_{рад}^{zod}$ – теплопоступления через окна и витражи от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год

$$Q_{рад}^{zod} = \tau_{лок} k_{2ок} (A_{ок1} I_1 + A_{ок2} I_2 + A_{ок3} I_3 + A_{ок4} I_4).$$

Интенсивность суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации, I на горизонтальную и вертикальную поверхности при действительных условиях облачности, МДж/м² принимается по таблице 3.5 МГСН 2.01-99, окна и витражи ЛЛУ исключены.

Таблица 3.3

Окна и витражи, выходящие на:	A, м ²	I, кВтч/м ²	AI, кВтч
Северо-Запад	1269,0	255,0	323595,0
Юго-Запад	724,0	1544,0	1117856,0
Юго-Восток	929,0	1544,0	1434376,0
Северо-Восток	767,6	255,0	195738,0
		Всего:	3071567,0

Коэффициенты затенения непрозрачными элементами и относительного пропускания солнечной радиации светопрозрачных конструкций принимаются по прил. Л СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

$$Q_s^y = 0,8 \times 0,68 \times 3071567,0 = 1670932,8 \text{ МДж/м}^2$$

$$k_{рад} = 11,6 \times 1670932,8 / (97772,0 \times 4551) = 0,043 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C)}$$

Рассчитываем удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{ом}^p$ Вт/(м³·°C), по формуле:

$$q_{ом}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \nu \zeta] (1 - \xi) \beta_h$$

$$q_{ом}^p = [0,148 + 0,095 - (0,082 + 0,043) 0,79 \times 0,95] (1 - 0,1)$$

$$1,07 = 0,142 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C)}$$

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания $Q_{ом}^{zod}$ за отопительный период определяется по приложению Г СП 50.13330.

$$Q_{om}^{zod} = 0,24 \times ГСОП \times V_{om} \times q_{om}^p = 0,024 \times 4551 \times 97772,0 \times 0,142 =$$

$$1516424,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

Общие теплотери здания за отопительный период определяется по приложению Г СП 50.13330.

$$Q_{обш}^{zod} = 0,24 \times ГСОП \times V_{om} (k_{об} + k_{вент}) = 0,024 \times 4551 \times 97772,0$$

$$(0,146 + 0,095) = 2573650,7 = 821588,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период q определяется по формуле:

$$q = Q_{om}^{zod} / A_{om} = 1516424,8 / 20618,5 = 73,55 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

1. Заключение

1. Приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования).

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче наружных стен:

$$R_o^{mp} = A \times ГСОП + b = 0,00035 \times 4551 + 1,4 = 2,99 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче наружных стен:

$$R_o^{норм} = R_o^{mp} \times 0,63 = 2,99 \times 0,63 = 1,88 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Приведенные значения сопротивления теплопередаче стен:

В проектируемом здании три вида стен.

Приведенные сопротивления теплопередаче стен:

- тип 1 $R_{o,i}^{np} = 0,447 \times 4,8 = 2,14 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт};$

- тип 2 $R_{o,i}^{np} = 0,447 \times 4,44 = 1,98 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт};$

- тип 3 $R_{o,i}^{np} = 0,447 \times 4,81 = 2,15 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$

соответствуют требуемым значениям.

Таблица 3.4

Соответствия нормируемых значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания расчетным

Конструкция	Нормируемое значение, R_o^{np} , м ² ·°C/Вт	Расчетное значение, R_o^{np} , м ² ·°C/Вт
Наружные стены	2,99/1,88	2,14; 1,98
Окна и витражи	0,54/0,56	0,76
Наружные двери	0,7	0,96; 1,14
Покрытие	4,67/3,74	4,15
Перекрытия над проездом	4,67/3,74	5,51; 5,08
Перекрытие над автостоянкой	4,12/3,30	3,31

3. Удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование):

$$k_{об}^{mp} = 0,172 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)};$$

$$k_{об}^{mp} = 0,146 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}.$$

Требование соблюдается.

3. Температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

Проверка конструкций стен на выполнение санитарно-гигиенических требований показала, что предложенные варианты удовлетворяют требованию п.5.1 СП 50.13330.

Задание для самостоятельного решения

Смотри исходные данные к практическому занятию № 1 и в Приложении 1 к Разделу 2 «Эксплуатация ограждающих конструкций».

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4: Энергоэффективные конструкции окон.

Технико-экономическое обоснование при выборе окон.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующее:

- определить тип и производителя окна;
- рассчитать совокупные дисконтированные затраты (СЗД).

Технико-экономическое обоснование

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) может быть осуществлено на стадии предпроектных проработок или на стадии "Проект" при установлении уровня теплозащитных показателей ограждающих конструкций здания. При этом учитывают затраты на ограждающую конструкцию, на теплопроходящее через эту конструкцию. Технологических потребителей энергии допускается принимать во внимание в качестве источников теплоступлений в здание. Результаты ТЭО используют для выбора целесообразного варианта проектного решения.

Технико-экономическое сравнение вариантов проектных решений рекомендуется вести по значению СДЗ, связанных с дополнительными капиталовложениями и уровнем годовых эксплуатационных издержек с учетом изменений цен и тарифов на энергоносители, а также рисков капиталовложений.

Сущность методики

Выбор окна для здания осуществляется на основе ТЭО по результатам оценки теплозащиты и энергопотребления здания в соответствии с МП 50.13330, а именно:

- с учетом теплопотерь через окно;
- количества света, нужного для освещения помещения.

1. Расчет с дисконтированием промежуточных доходов

Если промежуточные доходы, образовавшиеся вследствие снижения годовых эксплуатационных издержек в результате применения энергосберегающих мероприятий, участвуют в обороте денежных средств (тратятся на зарплату, погашение кредитов и т.д.), величину $СДЗ$, руб., приведенную к концу расчетного срока T , лет, для каждого варианта рассчитывают по формуле 4.1:

$$СЗД = \sum K \left(1 + \frac{p}{100}\right)^T + Э \left[\left(1 + \frac{p}{100}\right)^T - 1 \right] \left(\frac{100}{p}\right), \quad (4.1)$$

где $\sum k$ - суммарные дополнительные капитальные затраты на осуществление принятого комплекса энергосберегающих мероприятий, руб.; $Э$ - суммарные годовые эксплуатационные издержки, руб./год, в ценах на момент начала эксплуатации здания; p - норма дисконта, %, принимаемая в размере не менее действующей ставки рефинансирования ЦБ РФ.

В частности, при отсутствии таких мероприятий допускается принять $\sum k = 0$.

Тогда:

$$СЗД = Э \left[\left(1 + \frac{p}{100}\right)^T - 1 \right] \left(\frac{100}{p}\right).$$

Для окончательно принимаемого варианта значение $СДЗ$ должно быть наименьшим.

Условие задачи

При замене окон возникла необходимость выбрать между двумя альтернативными вариантами окон. Сравните два варианта: Первый вариант – окна VEKA WHS 60 «эконом», второй вариант – окна VEKA WHS 72 «стандарт» (см. рис. 4.1). Город: Москва. Количество окон: 10 шт. Вариант 1: $S=1.2 \times 2.0$ м, $S_{\text{общ}}=2,4 \times 10=24$ м², $R=1,83$. Вариант 2: $S=1.2 \times 2.0$ м, $S_{\text{общ}}=2,4 \times 10=24$ м², $R=0,64$. $T=5$ лет, p , % принимаем на 2020год,

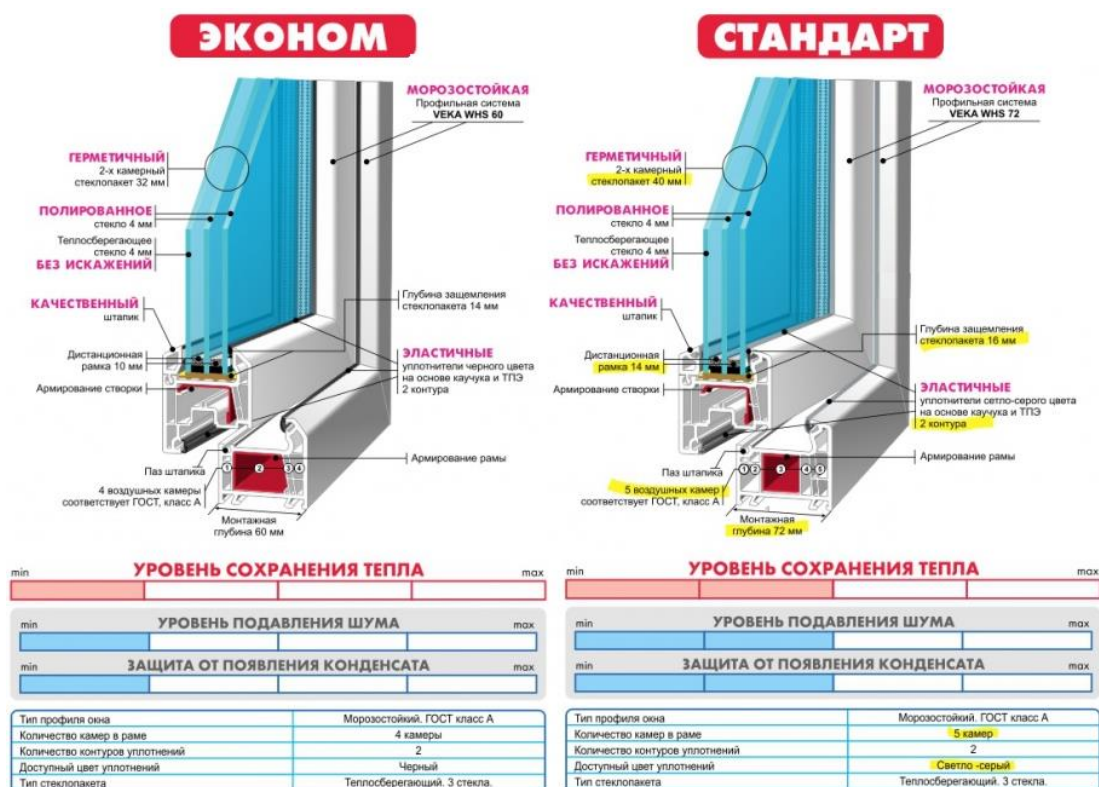


Рис. 4.1. Варианты окон.

Варианты ответов

- (!) А) Вариант 2 - окна VEKA WHS 72 «стандарт»- имеют меньше СЗД, чем вариант 1.
- Б) Вариант 2 - окна VEKA WHS 72 «стандарт»- имеют больший СЗД, чем вариант 2
- В) В двух вариантах СЗД равны.
- (!) Г) $\text{СЗД}^{\text{1вар}} \sim 250 \text{ тыс. руб (+50 тыс. руб)}$, $\text{СЗД}^{\text{2вар}} \sim 250 \text{ тыс. руб (+50 тыс. руб)}$.
- Д) Среднее значение СЗД равно 25000 руб.

Полное решение задачи

Город: Москва.

Количество окон: 10 шт.

Вариант 1: $S = 1.2 \times 2.0 \text{ м}$, $S_{\text{общ}} = 2,4 \times 10 = 24 \text{ м}^2$, $R = 1,83$

Вариант 2: $S = 1.2 \times 2.0 \text{ м}$, $S_{\text{общ}} = 2,4 \times 10 = 24 \text{ м}^2$, $R = 0,64$

Вариант 1:

$$C_{\text{тепл.потери}} = 24 \cdot 40 \text{ °C} / 0,1,83 (\text{м}^2 \cdot \text{K}) / \text{Вт} = 0,524 \text{ кВт}$$

Вариант 2:

$$C_{\text{тепл.потери}} = 24 \cdot 40 \text{ }^{\circ}\text{C} / 0,1,83 (\text{м}^2 \cdot \text{K})/\text{Вт} = 0,524 \text{ кВт}$$

Эксплуатационные издержки:

1. Электроэнергия: тарифная ставка 3,89 рублей за кВт/ч. Затраты за 1 год составят:

$$\mathcal{E}_1 = 3.89 \cdot 365 \cdot 24 = 34076,4 \text{ руб.}$$

2. Стоимость тепла отопления (насос): тарифная ставка 2168,88 рублей за Гкал. Затраты за 1 год составят:

$$\mathcal{E}_2 = 0,6 \cdot 2168,88 \cdot 12 = 15\,615,94 \text{ руб}$$

3. Потери тепла, тарифная ставка 2,1 руб за кВт:

$$\text{Вариант 1: } \mathcal{E}_3^1 = 0,524 \cdot 2,1 \cdot 365 = 401,65 \text{ руб}$$

$$\text{Вариант 2: } \mathcal{E}_3^2 = 1,5 \cdot 2,1 \cdot 365 = 1149,75 \text{ руб.}$$

Ставка дисконта: 5,5 %.

Данные сводятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

Итоги расчета

№ вар.	$C_{\text{тепл.потери}}$	$\sum \mathcal{E}$, руб/год	p , %	T , лет	СЗД
Вариант 1	0,524 кВт	50093,99	5,5	5	279579,118
Вариант 2	1,5 кВт	50842,09	5,5	5	283754,332

Вывод: вариант 2 - окна VEKA WHS 72 «стандарт»- имеют меньше СЗД, чем вариант 1.

Задание для самостоятельного решения

Вариант для таблицы исходных данных 4.2 определяются по таблице ниже: I – предпоследняя цифра, II – последняя цифра номера зачетки.

II \ I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 4.2

Исходные данные

Вар.	Наименование производителя	Вар.	Наименование производителя
1	Окна от Novotex Light Стеклопакеты от ClimaGuard Solar	16	Стеклопакеты от Glass Max Окна от KBE Engine
2	Окна от Novotex Light Окна от KBE Engine	17	Пластиковые окна REHAU Окна от KBE Engine
3	Окна от KBE Engine Окна от «ИЗОЛЮКС» (одно-камерные стеклопакеты)	18	Окна от Novotex Light Окна от VEKA
4	Окна от VEKA Стеклопакеты от ClimaGuard Solar	19	Окна от KBE Engine Окна от VEKA
5	Окна от «ИЗОЛЮКС» (одно-камерные стеклопакеты)	20	Окна от VEKA Окна от «ИЗОЛЮКС» (одно-камерные стеклопакеты)
6	Окна от «ИЗОЛЮКС» (двух-камерные стеклопакеты) Стеклопакеты от ClimaGuard Solar	21	Окна от «ИЗОЛЮКС» (одно-камерные стеклопакеты) Окна от KBE Engine
7	Стеклопакеты от ClimaGuard Solar	22	Окна от «ИЗОЛЮКС» (двух-камерные стеклопакеты)

	Окна от KBE Engine		Окна от KBE Engine
8	Стеклопакеты от Glass Max Окна от VEKA	23	Стеклопакеты от ClimaGuard Solar Окна от VEKA
9	Пластиковые окна REHAU Окна от VEKA	24	Окна от «ИЗОЛЮКС» (двух-камерные стеклопакеты)
10	Стеклопакеты от Glass Max Окна от KBE Engine	25	Окна от KBE Engine Окна от VEKA
11	Окна от Novotex Light Окна от KBE Engine	26	Окна от VEKA Окна от KBE Engine
12	Окна от KBE Engine Окна от VEKA	27	Окна от «ИЗОЛЮКС» (одно-камерные стеклопакеты) Окна от VEKA
13	Окна от VEKA Окна от KBE Engine	28	Окна от «ИЗОЛЮКС» (двух-камерные стеклопакеты) Окна от VEKA
14	Пластиковые окна REHAU Окна от VEKA	29	Окна от KBE Engine Окна от KBE Engine
15	Стеклопакеты от Glass Max Окна от VEKA	30	Окна от VEKA Окна от KBE Engine

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5: Теплотехнический расчет техподполья (теплого чердака).

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующие расчеты:

- определите исходные данные;
- выполните теплотехнический расчет теплого чердака.

Технические подвалы (техподполья) – это подвалы при наличии в них нижней разводки труб систем отопления, горячего водоснабжения, а также труб системы водоснабжения и канализации. Расчет производится в соответствии с СП 50.13330.

Для теплотехнического расчета техподполья (теплого чердака) необходимо:

1. Определить по формуле 5.1 сопротивление теплопередачи ограждения:

$$R_0^{пок} = R_B + R + R_H \quad (5.1)$$

Коэффициенты теплопроводности слоев чердачного перекрытия принять следующие:

- железобетонная плита перекрытия ($\lambda_{жб} = 1,92$ Вт/м 0С; $\gamma_{жб}=2500$ кг/м³, $\delta_{жб} = 0,200$ м);
- пароизоляция- 1 слой рубемаста ($\lambda_{п} = 0,17$ Вт/м 0С, $\gamma_{п} = 600$ кг/м³, $\delta_{п} = 0,004$ м);
- утеплитель – пенополистирол ПСБ-С-40 ($\lambda_y = 0,06$ Вт/м 0С, $\gamma_y = 40$ кг/м³); При нулевом значении толщины утеплитель в расчете не учитывается.
- керамзитовый гравий ($\lambda_y = 0,21$ Вт/м 0С, $\gamma_y = 800$ кг/м³, $\delta_y = 0,005 - 0,120$ м);

Расчетную толщину засыпки в расчете следует принимать исходя из неблагоприятного варианта, то есть минимальной по величине.

- цементно-песчаная стяжка ($\lambda_c = 0,93$ Вт м / $^{\circ}\text{C}$, $\gamma_c = 1800$ кг/м³, $\delta_c = 0,050$ м); 41 – гидроизоляция- 2 слоя - изопласта ($\lambda_r = 0,17$ Вт/м $^{\circ}\text{C}$, $\gamma_r = 600$ кг/м³, $\delta_r = 0,008$ м).

2. Требуемое сопротивление теплопередаче покрытия чердака $R_0^{g,c}$ определяется по формуле 5.2:

$$R_0^{g,c} = \frac{(t_{чep} - t_{нар})}{0,28G_{вен}c(t_{вен} - t_{чep}) + \frac{(t_g - t_{чep})}{R_0^{g,f}} + \frac{(\sum_{j=1}^n q_{pi} l_{pi})}{A_{g.f.}} - (t_{чep} - t_{нар}) \cdot \frac{a_{g.w}}{R_0^{g,w}}} \quad (5.2)$$

где $G_{вен}$ – приведенный (отнесенный к 1 м² пола чердака) расход воздуха в системе вентиляции, кг/(м² · ч); $t_{чep}$ – температура воздуха чердака, $t_{чep} = +15^{\circ}\text{C}$; c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг· $^{\circ}\text{C}$); $t_{вен}$ – температура воздуха, выходящего из вентиляционных каналов, $^{\circ}\text{C}$, принимаемая равной $t_{вен} = t_{в} + 1,5$; $= 20 + 1,5 = 21,5^{\circ}\text{C}$; $R_0^{g,f}$ – требуемое сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия теплого чердака $R_0^{g,f} = 0,477$ м²OC/Вт (согласно СП 23-101-2000, п.6.2.); $a_{g.w}$ – приведенная (отнесенная к 1 м² пола чердака) площадь наружных стен теплого чердака, м² /м², $a_{g.w} = A_{g.w}/A_{g.f.}$. $R_0^{g,w}$ – требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен теплого чердака, м² · $^{\circ}\text{C}$ /Вт, $R_0^{g,w} = R_0^{req}$ (см. расчет кирпичной стены); $d_{pi}^{отопл}$ – диаметр трубопровода верхней разводки системы отопления при расчетной температуре $+105^{\circ}\text{C}$; $l_{pi}^{отопл}$ – длина трубопровода верхней разводки системы отопления при расчетной температуре $+105^{\circ}\text{C}$; $d_{pi}^{вод/сн}$ – диаметр трубопровода горячего водоснабжения при расчетной температуре $+70^{\circ}\text{C}$; $l_{pi}^{вод/сн}$ – длина трубопровода горячего водоснабжения при расчетной температуре $+70^{\circ}\text{C}$; q_{pi} – линейная плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции, приходящаяся на 1 м длины трубопровода i -го диаметра с учетом теплопотерь через изолированные опоры, фланцевые соединения и арматуру, Вт/м; определяются по таблице 21 в зависимости от $d_{pi}^{отопл}$, $d_{pi}^{вод/сн}$.

3. Сравнение фактического и требуемого сопротивления теплопередаче конструкции определяют по формуле 5.3:

$$R_0^{g.c} < R_0, \text{ м}^2\text{ОС/Вт} \quad (5.3)$$

4. Требуемое термическое сопротивление слоя утеплителя определяют по формуле 5.4:

$$R_{yt} = R_0^{g.c} - R_0^{нок}, \text{ м}^2\text{ОС/Вт}; \quad (5.4)$$

5. Толщина дополнительного слоя утеплителя определяют по формуле 5.5:

$$\delta_{yt} = R_{yt} \cdot \lambda_y, \text{ м}. \quad (5.5)$$

Условие задачи

Выполнить теплотехнический расчет теплого чердака. Определите толщину утеплителя. Исходные данные представлены в табл.5.1.

Таблица 5.1

Исходные данные

Состав чердачного перекрытия	Коэф. теплопроводности λ , Вт/м 0С	Толщина слоя, м
Плита перекрытия	1,92	0,200
Рубемаст 1 слой	0,17	0,004
Пенополистирол ПСБ-С40	0,06	0,030
Керамзитовый гравий	0,21	0,005
Цементно-песчаная стяжка	0,93	0,050
Изопласт 2 слоя	0,17	0,008
Условный диаметр трубопровода, мм	Линейная плотность теплового потока q_{pi} , Вт/м	
Для трубопровода системы отопления при расчетной температуре +105°С		
32	24,7	
Для трубопровода горячего водоснабжения при расчетной температуре +70°С		

100	25
-----	----

Варианты ответов

(!) А) 0,016

(!) Б) 20

В) 10

Г) 0,1

Д) 0,3

Полное решение задачи

Сопротивление теплопередаче чердачного покрытия:

$$R_0^{нок} = R_B + R + R_H = \frac{1}{8,7} + \frac{0,20}{1,92} + \frac{0,004}{0,17} + \frac{0,03}{0,06} + \frac{0,005}{0,21} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{0,008}{0,17} + \frac{1}{23} = 0,9111 \text{ Bm} / \text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Требуемое сопротивление теплопередаче перекрытия:

$$G_{\text{вен}} = 15,60 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч});$$

$$t_{\text{чер}} = +15 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$c = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C});$$

$$t_{\text{вен}} = t_B + 1,5; = 20 + 1,5 = 21,5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$R_o^{g.f.} = 0,477 \text{ м}^2\text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт};$$

$$a_{g.w.} = A_{g.w.}/A_{g.f.} = 130/260 = 0,5 \text{ м}^2 / \text{м}^2 ;$$

$$R_o^{g.w.} = R_o^{\text{req}} = 3,493 \text{ м}^2\text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт};$$

$$\sum_{i=1}^n q_{pi} \cdot l_{pi} = 24,7 \cdot 80_{\text{м}} + 25 \cdot 35_{\text{м}} = 2851;$$

$$R_0^{g,c} = \frac{(t_{чep} - t_{нар})}{0,28G_{ven}c(t_{ven} - t_{чep}) + \frac{(t_{\theta} - t_{чep})}{R_0^{g,f}} + \frac{(\sum_{j=1}^n q_{pi} l_{pi})}{A_{g.f.}} - (t_{чep} - t_{нар}) \cdot \frac{a_{g.w}}{R_0^{g,w}}} =$$

$$\frac{(15^0 - (35^0))}{0,28 \cdot 15,6 \cdot 1(21,5^0 - 15^0) + \frac{(20^0 - 15^0)}{0,477} + \frac{2851}{260} - (15^0 - 35^0) \cdot \frac{0,5}{3,493}}$$

$$= 1,171 m^{20} C / Bm$$

Сравнение фактического и требуемого сопротивлений теплопередаче конструкции чердачного перекрытия:

$$R_0^{g,c} = 1,171 m^{20} C / Bm > R_0 = 0,911 m^{20} C / Bm - \text{необходимо}$$

утепление;

Требуемое термическое сопротивление слоя утеплителя:

$$R_{ym} = R_0^{g,c} - R_0^{пок} = 1,171 - 0,911 = 0,259 m^{20} C / Bm$$

Толщину дополнительного слоя утеплителя из минераловатных плит ($\lambda_y = 0,06 \text{ Вт/м } 0C$):

$$\delta_{ym} = R_{ym} \cdot \lambda_y = 0,259 \cdot 0,06 = 0,016$$

Принимаем толщину дополнительного слоя утеплителя – минераловатных плит - 20 мм.

Задание для самостоятельного решения

Вариант для таблицы 5.2 и Приложения 1 определяются по таблице ниже:

I – предпоследняя цифра, II – последняя цифра номера зачетки.

II \ I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 5.3

Показатель / Вариант	1	2	3	4	5
Город	Екатеринбург	Верхотурье	Ивдель	Алапаевск	Н.Тагил
Толщина утеплителя чердачного покрытия, м	0,05	0,05	0,02	0,00	0,00
Площадь покрытия над теплым чердаком $A_{g.c.}$, м ²	250	300	350	400	250
Площадь перекрытия теплого чердака $A_{g.f.}$, м ²	250	300	350	400	250
Площадь наружных стен теплого чердака $A_{g.w.}$, м ²	140	150	200	230	240
Этажность здания	5	9	12	16	22
Тип плит	газовая	электр.	газовая	электр.	электр.
$d_{отопл\ p_i}$	20	25	32	40	20
$l_{отопл\ p_i}$	60	70	75	80	55
$d_{вод/сн\ p_i}$	100	125	80	70	100
$l_{вод/сн\ p_i}$	35	40	30	25	20

Продолжение таблицы 5.3

Показатель / Вариант	6	7	8	9	10
Город	Сосьва	Тавда	Камышлов	Красноуринск	Серов
Толщина утеплителя чердачного покрытия, м	0,00	0,05	0,03	0,03	0,00
Площадь покрытия над теплым чердаком $A_{g.c.}$, м ²	300	350	400	250	300
Площадь перекрытия теплого чердака $A_{g.f.}$, м ²	300	350	400	250	300
Площадь наружных стен теплого чердака $A_{g.w.}$, м ²	250	260	270	150	140
Этажность здания	25	5	9	12	16
Тип плит	электр.	электр.	газовая	электр.	газовая
$d_{отопл\ p_i}$	25	32	40	20	25

$l_{\text{отопл}}^{\text{pi}}$	65	70	75	55	60
$d_{\text{вод/сн}}^{\text{pi}}$	125	80	70	100	125
$l_{\text{вод/сн}}^{\text{pi}}$	15	35	40	15	30

Продолжение таблицы 5.3

Показатель / Вариант	11	12	13	14	15
Город	Архангельск	Астрахань	Барнаул	Брянск	Белгород
Толщина утеплителя чердачного покрытия, м	0,03	0,02	0,01	0,05	0,00
Площадь покрытия над теплым чердаком $A_{g.c.}$, м ²	250	350	400	350	300
Площадь перекрытия теплового чердака $A_{g.f.}$, м ²	250	350	400	350	300
Площадь наружных стен теплового чердака $A_{g.w.}$, м ²	150	200	270	260	140
Этажность здания	15	12	9	5	16
Тип плит	электр.	газовая	газовая	электр.	газовая
$d_{\text{отопл}}^{\text{pi}}$	20	32	40	20	25
$l_{\text{отопл}}^{\text{pi}}$	55	75	75	55	60
$d_{\text{вод/сн}}^{\text{pi}}$	100	80	70	100	125
$l_{\text{вод/сн}}^{\text{pi}}$	15	30	40	15	30

Продолжение таблицы 5.3

Показатель / Вариант	16	17	18	19	20
Город	Владимир	Владивосток	Волгоград	Воркута (Усть-Воркута)	Грозный
Толщина утеплителя чердачного покрытия, м	0,00	0,05	0,03	0,03	0,01
Площадь покрытия над теплым чердаком $A_{g.c.}$, м ²	400	350	400	250	400
Площадь перекрытия теплового чердака $A_{g.f.}$, м ²	400	350	400	250	400
Площадь наружных стен теплового чердака $A_{g.w.}$, м ²	230	260	270	150	270
Этажность здания	16	5	9	12	9
Тип плит	электр.	электр.	газовая	электр.	газовая
$d_{\text{отопл}}^{\text{pi}}$	40	32	40	20	40
$l_{\text{отопл}}^{\text{pi}}$	80	70	75	55	75

$d_{\text{вод/сн}}^{\text{ри}}$	70	80	70	100	70
$l_{\text{вод/сн}}^{\text{ри}}$	25	35	40	15	40

Продолжение таблицы 5.3

Показатель / Вариант	21	22	23	24	25
Город	Мурманск	Екатеринбург (Свердловск)	Иваново	Иркутск	Казань
Толщина утеплителя чердачного покрытия, м	0,05	0,01	0,03	0,03	0,03
Площадь покрытия над теплым чердаком $A_{\text{г.с.}}, \text{м}^2$	250	400	400	250	400
Площадь перекрытия теплого чердака $A_{\text{г.ф.}}, \text{м}^2$	250	400	400	250	400
Площадь наружных стен теплого чердака $A_{\text{г.в.}}, \text{м}^2$	140	270	270	150	270
Этажность здания	5	9	9	12	9
Тип плит	газовая	газовая	газовая	электр.	газовая
$d_{\text{отопл}}^{\text{ри}}$	20	40	40	20	40
$l_{\text{отопл}}^{\text{ри}}$	60	75	75	55	75
$d_{\text{вод/сн}}^{\text{ри}}$	100	70	70	100	70
$l_{\text{вод/сн}}^{\text{ри}}$	35	40	40	15	40

Продолжение таблицы 5.3

Показатель / Вариант	26	27	28	29	30
Город	Кемерово	Магадан (по бухте Нагаева)	Н. Новгород (Горький)	Новосибирск	Омск
Толщина утеплителя чердачного покрытия, м	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00
Площадь покрытия над теплым чердаком $A_{\text{г.с.}}, \text{м}^2$	300	400	400	250	300
Площадь перекрытия теплого чердака $A_{\text{г.ф.}}, \text{м}^2$	300	400	400	250	300
Площадь наружных стен теплого чердака $A_{\text{г.в.}}, \text{м}^2$	250	270	270	150	140
Этажность здания	25	9	9	12	16
Тип плит	электр.	газовая	газовая	электр.	газовая
$d_{\text{отопл}}^{\text{ри}}$	25	40	40	20	25
$l_{\text{отопл}}^{\text{ри}}$	65	75	75	55	60

$d_{\text{вод/сн}}^{\text{вод/сн}}_{\text{pi}}$	125	70	70	100	125
$l_{\text{вод/сн}}^{\text{вод/сн}}_{\text{pi}}$	15	40	40	15	30

Таблица 5.4

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

Таблица 5.4

Условный диаметр трубопровода, мм	Средняя температура теплоносителя, °С				
	60	70	95	105	125
	Линейная плотность теплового потока q_{pi} , Вт/м				
10	7,7	9,4	13,6	15,1	18
15	9,1	11	15,8	17,8	21,6
20	10,6	12,7	18,1	20,4	25,2
25	12	14,4	20,4	22,8	27,6
32	13,3	15,8	22,2	24,7	30
40	14,6	17,3	23,9	26,6	32,4
50	14,9	17,7	25	28	34,2
70	17	20,3	28,3	31,7	38,4
80	19,2	22,8	31,8	35,4	42,6

Таблица 5.5

Условный диаметр трубопровода, мм	Средняя температура теплоносителя, °С				
	60	70	95	105	125
	Линейная плотность теплового потока q_{pi} , Вт/м				
100	20,9	25	35,2	39,2	47,4

125	24,7	29	39,8	44,2	52,8
150	27,6	32,4	44,4	49,1	58,2

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6: Расчеты энергетических показателей здания.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующие расчеты:

- составить план квартиры
- составить тепловой баланс помещения с определением различных видов потерь
- оценить удельную тепловую характеристику квартиры на основе посчитанных данных.
- разработайте мероприятия по энергоресурсосбережению.

В помещениях зданий в холодный период года создают и поддерживают тепловой режим, соответствующий задаваемым тепловым условиям и отвечающий требованиям технологического процесса. При этом тепловой режим в помещениях бывает и постоянным и переменным в зависимости от назначения зданий. Жилые здания относятся к зданиям с постоянным тепловым режимом. Постоянный тепловой режим в помещениях поддерживают круглосуточно в течение всего отопительного сезона в соответствии с требованиями теплового комфорта. Чтобы определить, требуется ли отопление и какой мощности, сопоставляют теплопотери и теплопоступления в расчетном установившемся режиме, когда возможен наибольший дефицит теплоты. Уравнивание теплопоступлений (включая теплопоступления от отопительной установки) и теплопотерь называют сведением теплового баланса помещений. Если теплопотери превышают внутренние тепловыделения, то отопление необходимо. Если в здании, обычно производственном, теплопотери меньше тепловыделений, то отапливать помещения не нужно. В этом случае необходимо принять специальные меры для устранения теплоизбытка и достижения теплового баланса (например, средствами приточной вентиляции).

В жилых зданиях учитывают только теплопотери через ограждающие конструкции и теплотраты на нагревание наружного воздуха, поступающего в помещения путем инфильтрации или для вентиляции. Теплопоступления в помещения происходят вследствие выделений теплоты людьми, теплопроводами и нагревательным технологическим оборудованием (печи, трубы, приборы и пр.), источниками искусственного освещения и работающим электрическим оборудованием, нагретыми материалами и изделиями.

Тепловой баланс помещения

Температурная обстановка в помещении зависит от тепловой мощности системы отопления, а также от расположения обогревающих устройств, теплозащитных свойств наружных ограждений, интенсивности других источников поступления и потерь теплоты. В холодное время года помещение теряет теплоту через наружные ограждения. Кроме того, теплота расходуется на нагрев наружного воздуха, который проникает в помещение через неплотности ограждений.

Сведением всех составляющих поступлений и расхода теплоты в тепловом балансе помещения определяется дефицит или избыток теплоты. Дефицит теплоты указывает на необходимость устройства в помещениях отопления. Избыток теплоты обычно ассимилируется вентиляцией. Для определения тепловой мощности системы отопления составляют баланс часовых расходов теплоты для расчетного зимнего периода.

Уравнение теплового баланса квартиры для стационарного режима имеет вид:

$$Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} = Q_{\text{со}} + Q_{\text{быт.приб.}} + Q_{\text{ч}}, \quad (6.1)$$

где $Q_{\text{огр}}$ - теплота, уносимая через ограждения; $Q_{\text{инф}}$ - теплота, расходуемая на нагрев инфильтрующегося воздуха;; $Q_{\text{со.}}$ - теплота, поступающая от системы отопления; ; $Q_{\text{быт.приб}}$ - теплота, выделяемая бытовыми электроприборами; $Q_{\text{ч}}$ - теплота, выделяемая человеком.

Первые два значения мы уже находили в практическом занятии № 4. Обратим внимание на другие показатели:

Теплоотдача от бытовых электроприборов

Теплоотдача от бытовых электроприборов вычисляется по формуле 6.1:

$$Q_{\text{быт.приб.}} = N \cdot \eta \cdot \tau \quad (6.1)$$

где N - потребляемая прибором мощность, Вт; τ - время работы прибора, с/сут;
 η - коэффициент, учитывающий переход электрической энергии в тепловую.

Некоторые коэффициенты, учитывающие переход электрической энергии в тепловую даны в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Коэффициенты, учитывающие переход электрической энергии в тепловую для различных бытовых приборов

Тип прибора	Коэфф. преобразования η
Лампа накаливания	0.85
Люминисцентная лампа	0.20
Магнитофон	0.60
Телевизор	0.70
Видеомагнитофон	0.55
Компьютер	0.70
Стиральная машина	0.70
Холодильник	0.65
Гриль	0.85
Электрический чайник	0.95
Электрическая плита	0.95
Плита газовая	0.95

Теплоотдача от человека

В организме человека постоянно вырабатывается теплота, которая должна быть отдана окружающей среде. Поддержание постоянной температуры организма около 36,6°C обеспечивается физиологической системой терморегуляции, которая нормально функционирует при этой температуре. Напряжение си-

системы терморегуляции сказывается на самочувствии и работоспособности человека.

В зависимости от физиологического и эмоционального состояния человека, его одежды, возраста, степени тяжести выполняемой работы и индивидуальных особенностей количество отдаваемой в окружающую среду теплоты может быть различным. В спокойном состоянии организм взрослого человека вырабатывает и отдает окружающей среде около 120 Вт, при тяжелой работе до 470 Вт, а при максимальных кратковременных нагрузках до 1000 Вт.

Теплоотдача от человека вычисляется по формуле 6.2:

$$Q_{\text{ч}} = n \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot (2,16 + 8,77\sqrt{V_{\text{в}}}) \cdot (35 - t_p) \cdot \tau_{\text{преб}}, \quad (6.2)$$

где β_1 - коэффициент, учитывающий интенсивность физической нагрузки: а) 1.0 - легкая работа; б) 1.07 - средняя работа; в) 1.15 - тяжелая работа; β_2 - коэффициент, учитывающий утепленность одежды:

а) 1,0 - легкая одежда;

б) 0,66 - одежда средней утепленности;

в) 0,5 - одежда высокой утепленности;

n - количество человек в квартире;

$V_{\text{в}}$ - подвижность воздуха в помещении, 0.10 – 0.12 м/с; $\tau_{\text{преб}}$ - время пребывания людей в помещении, с/сут.

Оценка удельной тепловой характеристики квартиры

Удельную тепловую характеристику квартиры q , Вт/(м³ · К) можно рассчитать по формуле, приведенной в 6.3:

$$q = Q_{\text{кв}} V_{\text{кв}} \cdot (t_p - t_{\text{exp}}), \quad (6.3)$$

где $Q_{\text{кв}}$ - расчетные тепловые потери через наружные ограждения всеми помещениями квартиры, Вт; $V_{\text{кв}}$ - объем квартиры по внешнему обмеру, м³.

Расчет годовых затрат теплоты

В СНиП 2.04.08- 87 «Газоснабжение» указывается определяем среднемесячную температуру. Согласно Сп 131.13330.2017 , определяем продолжитель-

ность отопительного сезона Z , суток, и среднюю температуру наружного воздуха в отопительный сезон t , $^{\circ}\text{C}$.

Найдем годовые затраты теплоты $Q_{\text{от.год}}$, ГДж, по формуле 6.4:

$$Q_{\text{от.год}} = 24 \cdot 3600 \cdot [Q_{\text{от}} / (t_p - t_{\text{exp}})] \cdot \Delta Z_{\text{ос}}, \quad (6.4)$$

где $Q_{\text{от}}$ - установочная тепловая мощность системы отопления по укрупненным показателям, Вт, формулы 6.5:

$$Q_{\text{от}} = 1,07 \cdot q \cdot V_{\text{кв}} \cdot (t_p - t_{\text{exp}}), \quad (6.5)$$

где $t_{\text{ос}}^{\text{cp}}$, - средняя температура наружного воздуха в отопительный сезон, К;
 $\Delta Z_{\text{ос}}$ - продолжительность отопительного сезона, сут.

Разработка мероприятий по энергоресурсосбережению и оценка эффективности в рублях

В этом разделе необходимо разработать и рассчитать мероприятия, обеспечивающие более рациональное использование энергетических ресурсов. Мероприятия могут быть различными в каждом конкретном случае. Вот несколько примеров:

1. Снятие с эксплуатации излишнего количества секций радиаторов или замены их на другие, с меньшей площадью поверхности.
2. Напыление на поверхность ниши и стен теплоизоляционного покрытия.
3. Использование уплотнителей на стыках стеновых панелей.
4. Использование уплотнительных материалов на ограждающих конструкциях, граничащих с внешней средой (наружные стены, полы для первых этажей, потолки – для последних этажей).

Условие задачи

Определить необходимые энергетические показатели помещения по месту жительства (составте план квартиры, составте тепловой баланс помещения с определением различных видов потерь, расчетных и действительных). Оцените удельную тепловую характеристику квартиры на основе посчитанных данных. Разработайте мероприятия по энергоресурсосбережению. I, II, III – номера по-

мещений, в которых установлены радиаторы. Вход в квартиру выполнен в виде двух дверей с тамбуром между ними. С внешней стороны наружного ограждения помещения I имеется незастекленный балкон. Высота потолков – 2.51 м. Квартира находится на шестом этаже восьмизэтажного дома (см. рисунок 6.1.)

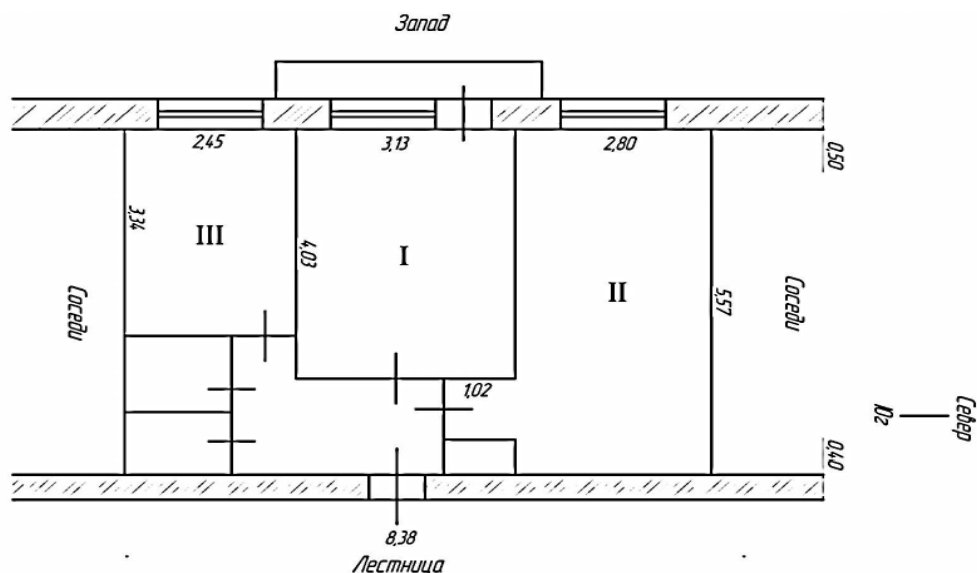


Рис. 6.1. План квартиры (размеры указаны в метрах)

Теплоотдача от некоторых бытовых приборов сведена в таблицу 6.2.

Таблица 6.2.

Типы электроприборов, время их работы, теплоотдача

№	Тип прибора	Мощность, Вт	Кол-во	Коэфф. преобраз.	Время работы %	Вт
1	Лампа	60	5	0,85	0,06	15,9
2	Люминисцентная лампа	60	1	0,2	0,04	0,50
3	Светодиодная лампа	17	5	0,2	0,13	2,13
4	Холодильник	100	1	0,65	0,17	10,83
5	Компьютер	750	1	0,7	0,21	109,38
7	Монитор	17	1	0,5	0,02	0,18
8	Плита газовая	8800	1	0,95	0,08	348,33

Для расчета теплоотдачи от людей используем данные:

- подвижность воздуха в помещении $V_v = 0,12$ м/с;
- коэффициент интенсивности физической нагрузки $\beta_1 = 1,0$; - коэффициент утепленности одежды $\beta_2 = 1,0$;
- количество человек в помещении: 2;

- время пребывания в помещении 12 ч/сут;

Для оценки удельной тепловой характеристики квартиры используем данные:

- объем квартиры по внешнему обмеру при площади по внешнему обмеру $S_{\text{внеш}} = 46,68 \text{ м}^2$, толщине пола $\delta_{\text{п}} = 0,3 \text{ м}$, высоте потолка $h=2,51 \text{ м}$.

Варианты ответов

Ответ дан в следующей последовательности теплоотдача от бытовых приборов, теплоотдача от людей, теплопотери через наружные ограждения.

(!) А) 487;90;2872.

Б) 487;90;2,872.

В) 487;90;28,72.

Г) 48,790;2872.

Д) 48790;2872.

Полное решение задачи

Теплоотдача от бытовых приборов равна 487 Вт.

Расчет по формуле 6.2 дает:

$$Q_{\text{ч}} = 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (2,16 + 8,77\sqrt{0,1}) \cdot (35 - 20) \cdot 0,5 = 90 \text{ Вт.}$$

- объем квартиры равен:

$$V_{\text{кв}} = 46,68 \cdot (2,51 + 0,3) = 131,16 \text{ м}^3;$$

-теплопотери через наружные ограждения:

$$Q_{\text{кв}} = 2415 + 457 = 2872 \text{ Вт.}$$

По формуле 6.3 получим:

$$q = 2872 / 131,16 \cdot (20 - (-26)) \approx 0,5 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}).$$

Это значит, что на 1 м³ объема квартиры при перепаде температур на внутренней и наружной поверхностях ограждений в 1°С приходится в среднем 0,5 Вт теплопотерь.

Задание для самостоятельного решения

Используйте данные на основе ваших самостоятельных измерений квартиры, в которой проживаете.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7: Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за отопительный период. Определение класса энергосбережения здания.

Методические указания к решению задач

При выполнении практической работы необходимо определить:

- общую информацию о здании
- расчетные условия функционирования здания
- геометрические показатели здания
- теплотехнические показатели
- вспомогательные показатели
- удельные характеристики здания
- коэффициенты и комплексные показатели
- определить класс энергоэффективности здания

7.1 Общая информация о здании

Таблица 7.1

Общая информация о здании

Дата заполнения (число, месяц, год)	
Адрес здания	
Разработчик проекта	
Назначение здания, серия	
Этажность	
Конструктивное решение	

Рассмотрим ниже составляющие таблицы 7.1.

Назначение здания, серия: жилое / общественное / производственное / образовательное учреждение / лечебно-профилактическое учреждение. Если здание жилое, то указывается, многоквартирное или многоквартирное или многоквартирное блокированное.

Дом жилой многоквартирный (отдельно стоящий) — дом, предназначенный для постоянного совместного проживания одной семьи и связанных с ней родственными узлами или иными близкими отношениями людей.

Дом жилой — здание квартирного типа, состоящее из двух и более квартир, каждая из которых имеет непосредственный выход на приквартирный участок.

Этажность. Указывается количество этажей и тип: малоэтажное (до трех этажей включительно) или многоэтажное.

Конструктивное решение. Указывается конструктивное исполнение здания — кирпичное, из газобетонных панелей, монолитное железобетонное, с утеплителем и т.п.

7.2 Расчетные условия функционирования здания

В таблице «Расчетные условия» приводятся значения параметров, определяемых по географическому местонахождению обследуемого объекта.

Таблица 7.2

Расчетные условия функционирования здания

№ п/п	Наименование расчетных параметров	Обозначение символа	Единицы измерения параметра	Расчетное значение
1	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	t_n	К	
2	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	К	
3	Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут/год	
4	Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	К·сут/год	
5	Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	t_v	К	

Рассмотрим составляющие таблицы 7.2:

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты.

Продолжительность отопительного периода и средняя температура наружного воздуха за отопительный период. Принимается значение продолжительности периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$.

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП). Значение определяется по формуле 7.1 [(5.2) в СП 50.13330]:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})z_{\text{от}}, \quad (7.1)$$

где $t_{\text{в}}$ — расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты. Допустимая температура воздуха принимается по СП 50.13330.

7.3 Геометрические показатели здания

Рассмотрим составляющие таблицы 7.3: Отапливаемый объем и площади в том числе:

- сумма площадей этажей здания;
- площадь жилых помещений;
- расчетная площадь (общественных зданий);
- общая площадь наружных ограждающих конструкций (и ее составляющие).

Таблица 7.3

Геометрические показатели здания

№ п/п	Показатель	Обозначение символа и единицы измерения показателя	Расчетное (проектное) значение показателя
6	Сумма площадей этажей здания	$A_{\text{от}}, \text{м}^2$	
7	Площадь жилых помещений	$A_{\text{ж}}, \text{м}^2$	
8	Отапливаемый объем	$V_{\text{от}}, \text{м}^3$	
9	Коэффициент остекленности фасада здания	f	
10	Показатель компактности здания	$K_{\text{комп}}$	
11	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания	$A_{\text{н}}^{\text{сум}}, \text{м}^2$	
12	в том числе:		
	фасадов	$A_{\text{фас}}, \text{м}^2$	
	окон и балконных дверей	$A_{\text{ок}}, \text{м}^2$	
	входных дверей	$A_{\text{дв}}, \text{м}^2$	
№ п/п	Показатель	Обозначение символа и единицы измерения показателя	Расчетное (проектное) значение показателя
	чердаков	$A_{\text{черд}}$	
13	Окон по сторонам света:		
	С		
	З		
	В		
	Ю		
	ЮВ/ЮЗ		
	СВ/СЗ		

Должны браться из типового проекта здания, но если получение этих данных сопряжено с трудностями, то эти значения считаются приближенно. Площадь жилых помещений, к которым относятся спальни, детские, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые, м². Отапливаемый объем, ограниченный внутренними поверхностями наружных ограждений здания — стен, покрытий (чердачных перекрытий), перекрытий пола первого этажа или пола подвала при отапливаемом подвале, м³.

Коэффициент остекленности фасада здания — это отношение площадей светопроемов к суммарной площади наружных ограждающих конструкций фасада здания, включая светопроемы [СП 50.13330]. Показатель компактности здания — это отношение общей площади внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций здания к заключенному в них отапливаемому объему [СП 50.13330].

7.4 Теплотехнические показатели

Таблица 7.4

Теплотехнические показатели

№ п/п	Показатель	Обозначение и единицы измерения	Нормируемое значение	Расчетное (проектное) значение
14	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе	$R_o^{пр}, \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$		
	стен	$R_{0,ст}^{пр}$		
	окон и балконных дверей	$R_{0,ок}^{пр}$		
	входных дверей	$R_{0,вх.дв}^{пр}$		
	перекрытий (совмещенных)	$R_{0,перек}^{пр}$		
	чердаков	$R_{0,черд}^{пр}$		

Рассмотрим значения из таблицы 7.4:

Нормируемые значения приведенных сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций считаются согласно п. 5.3, таблицы 4 в [СП 50.13330] в зависимости от градусо-суток района строительства:

$$R_s = \alpha \cdot D_d + b, \quad (7.2)$$

где D_d - градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$, для конкретного пункта;
 α , b - коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы 4 [СП 50.13330] для соответствующих групп зданий, за исключением графы 6 для группы зданий в поз. 1, где для интервала до 6000 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$: $a = 0,000075$, $b = 0,15$; для интервала 6000 - 8000 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$: $\alpha = 0,00005$, $b = 0,3$; для интервала 8000 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ и более: $\alpha = 0,000025$; $b = 0,5$ [СП 50.13330].

Расчетные значения рассчитываются согласно формуле (Е.6) в [СП 50.13330]:

$$R_0^{\text{учл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (7.3)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$, принимаемый по таблице 4 в [СП 50.13330]; $\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$, принимаемый по таблице 6 в [СП 50.13330]; R_s - термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента, $(\text{м}^2\cdot\text{K})/\text{Вт}$, определяемое для материальных слоев по формуле (Е.7) в [СП 50.13330]:

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s}, \quad (7.4)$$

где δ_s - толщина слоя, м; λ_s - теплопроводность материала слоя, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$.

Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);

б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);

в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении требований а), б) и в) [СП 50.13330].

7.5 Вспомогательные показатели

Таблица 7.5

Вспомогательные показатели

№ п/п	Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение показателя
15	Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_{\text{общ}}$, Вт/(м ² ·К)	
16	Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	n_B , ч ⁻¹	
17	Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{\text{быт}}$, Вт/м ²	

Рассмотрим составляющие таблицы 7.5.

Общий коэффициент теплопередачи здания Вт/(м²·К) определяется по формуле (Ж.2) в [СП 50.13330]:

$$K_{\text{общ}} = \frac{1}{A_{\text{н}}^{\text{сум}}} \cdot \sum_i \left(n_{t,i} \cdot \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{\text{пр}}} \right), \quad (7.5)$$

где $R_{o,i}^{\text{пр}}$ — расчетное сопротивление теплопередаче i -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, (м²·К)/Вт; $A_{\phi,i}$ — площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки, м²; $n_{t,i}$ — коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете, принимается равным единице; $A_{\text{н}}^{\text{сум}}$ — общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, м².

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период n_B , ч⁻¹ рассчитывается по формуле (Г.4) в [СП 50.13330]:

$$n_B = \frac{\left[\frac{L_{\text{вент}} \cdot n_{\text{вент}}}{168} + \frac{G_{\text{инф}} \cdot n_{\text{инф}}}{168 \cdot \rho_{\text{в}}^{\text{вент}}} \right]}{\beta_v \cdot V_{\text{от}}}, \quad (7.6)$$

где $L_{\text{вент}}$ — количество приточного воздуха в здании при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м³/ч, равное для:

а) жилых зданий, предназначенных гражданам с учетом социальной нормы (с расчетной заселенностью квартиры 20 м^2 общей площади и менее на человека) — $3A_{\text{ж}}$;

б) других жилых зданий — $0,35 \cdot 3A_{\text{ж}}$, но не менее $30m$; где m — расчетное число жителей в здании;

$A_{\text{ж}}$ — площадь жилых помещений, к которым относятся спальни, детские, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые, м^2 ; $n_{\text{вент}}$ — число часов работы механической вентиляции в течение недели, ч. Принимается равным 168 по числу часов в неделе; $G_{\text{инф}}$ - количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч : для жилых зданий - воздуха, поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода [СП 50.13330]; для лестнично-лифтовых узлов (ЛЛУ) жилых зданий - количество инфильтрующегося воздуха, поступающего через неплотности заполнения проемов; допускается принимать в зависимости от этажности здания: до трех этажей — равным $0,3\beta_v V_{\text{ЛЛУ}}$, от четырех до девяти этажей — $0,45\beta_v V_{\text{ЛЛУ}}$, выше девяти этажей — $0,6\beta_v V_{\text{ЛЛУ}}$, где $V_{\text{ЛЛУ}}$ — отапливаемый объем лестнично-лифтовых холлов здания. Для ЛЛУ без поэтажных выходов на балконы количество инфильтрующегося воздуха, полученное по упрощенным формулам следует уменьшать в два раза; $n_{\text{инф}}$ - число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий с сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и $(168 - n_{\text{вент}})$ для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции; $\rho_{\text{в}}^{\text{вент}}$ - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м^3 [СП 50.13330]:

$$\rho_{\text{в}}^{\text{вент}} = \frac{353}{273 + t_{\text{от}}}, \quad (7.7)$$

β_v - коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций.

При отсутствии данных принимать $\beta_v=0,85$;

$V_{от}$ - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания, м³.

$q_{быт}$, Вт/м² — величина бытовых тепловыделений на 1 м² площади жилых помещений (АЖ) , принимаемая для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м² общей площади на человека $q_{быт}=17$ Вт/м²;

б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 м² общей площади и более на человека $q_{быт}=10$ Вт/м²;

в) других жилых зданий - в зависимости от расчетной заселенности квартир по интерполяции величины $q_{быт}$ между 17 и 10 Вт/м² [СП 50.13330].

7.6 Удельные характеристики здания

Таблица 7.6

Удельные характеристики здания

№ п/п	Показатель	Обозначение показателя и единица измерения	Расчетное проектное значение показателя
18	Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}$, Вт/(м ³ ·К)	
19	Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}$, Вт/(м ³ ·К)	
20	Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{быт}$, Вт/(м ³ ·К)	
21	Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}$, Вт/(м ³ ·К)	

Рассмотрим значения из таблицы 7.6.

Удельная теплозащитная характеристика здания определяется по формуле (Ж.1) в [СП 50.13330]:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \cdot \sum_i \left(n_{t,i} \cdot \frac{A_{ф,i}}{R_{о,i}} \right) = K_{комп} \cdot K_{общ}, \quad (7.8)$$

где $K_{комп}$ то же, что и в таблице 7.3; $K_{общ}$ то же, что и в таблице 7.5.

Удельная вентиляционная характеристика здания определяется по формуле (Г.2) в [СП 50.13330]:

$$k_{вент} = 0,28 \cdot c \cdot n_v \cdot \beta_v \cdot \rho_{вент} (1 - k_{эф}), \quad (7.9)$$

где c - удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; β_v - коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать $\beta_v=0,85$; $\rho_{\text{вент}}$ - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, $\text{кг}/\text{м}^3$ (то же, что и в п.7.5); n_6 - средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период (то же что и в таблице 7.5); $k_{\text{эф}}$ - коэффициент эффективности рекуператора, $k_{\text{эф}}$, отличен от нуля в том случае, если: средняя воздухопроницаемость квартир жилых и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) обеспечивает в период испытаний воздухообмен кратностью $n_{50} \geq 1$, при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха при вентиляции с механическим побуждением $n_{50} \leq 2$ ч-1; кратность воздухообмена зданий и помещений при разности давлений 50 Па и их среднюю воздухопроницаемость определяют по ГОСТ 31167. Принимаем равным $0,4$.

Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания рассчитывается по формуле [СП 50.13330]:

$$K_{\text{общ}} = \frac{q_{\text{быт}} \cdot A_{\text{ж}}}{V_{\text{от}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})} \quad (7.10)$$

где $q_{\text{быт}}$ - величина тепловых тепловыделений (то же, что и в таблице 5); $A_{\text{ж}}$ - сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, переходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов, а также помещений, предназначенных для размещения инженерного оборудования и сетей, м^2 , (то же, что и в таблице 7.3); $V_{\text{от}}$ - отапливаемый объем (то же, что и в таблице 7.3); $t_{\text{в}}$ - расчетная средняя температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$, (то же, что и в таблице 7.2); $t_{\text{от}}$ - средняя температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$, (то же, что и в таблице 7.2).

Удельная характеристика теплоступлений в здание от солнечной радиации определяется по формула Г.7 [СП 50.13330]:

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{V_{\text{от}} \cdot \text{ГСОП}}, \quad (7.11)$$

где $Q_{\text{рад}}^{\text{год}}$ - теплопоступления через окна от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемые по формуле:

$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = \tau_{1\text{ок}} \cdot \tau_{2\text{ок}} \cdot (A_{\text{ок1}} \cdot I_1 + A_{\text{ок2}} \cdot I_2 + A_{\text{ок3}} \cdot I_3 + A_{\text{ок4}} \cdot I_4), \quad (7.12)$$

где $\tau_{1\text{ок}}$ - коэффициент относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений окон, принимается по [СП 23-101-2004] и равен 0,68; $\tau_{2\text{ок}}$ - коэффициент, учитывающий затенение светового проема окон непрозрачными элементами заполнения, принимается по [СП 23-101-2004] и равен 0,8; $A_{\text{ок}}$ - площадь светопроемов фасадов здания (глухая часть балконных дверей исключается), соответственно ориентированных по четырем направлениям, м²; I - средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания, МДж/(м²·год), определяется по [СП 23-101-2004] и равна для Санкт-Петербурга: на СВ/СЗ - 455, на С - 394, на Ю - 1009, на ЮВ/ЮЗ - 902, на В/З - 650.

7.7 Коэффициенты и комплексные показатели

Рассмотрим составляющие таблицы 7.7:

ζ - Коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения:

- $\zeta = 1,0$ - в однотрубной системе с термостатами и с пофасадным авторегулированием на вводе или поквартирной горизонтальной разводкой;
- $\zeta = 0,95$ - в двухтрубной системе отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе;
- $\zeta = 0,9$ - однотрубной системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе или в однотрубной системе без термостатов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также в двухтрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

○ $\zeta = 0,85$ - в однотрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

○ $\zeta = 0,7$ - в системе без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха;

Таблица 7.7

Коэффициенты и комплексные показатели зданий

№ п/п	Показатель	Обозначение	Нормативное значение показателя
22	Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	ζ	
23	Коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	ξ	
24	Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{эф}$	
25	Коэффициент, учитывающий снижение использования теплоступлений в период превышения их над теплопотерями	ν	
26	Коэффициент учета дополнительных теплопотерь системы отопления	β_h	

○ $\zeta = 0,5$ - в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе -регулирование центральное в центральном тепловом пункте (ЦТП) или котельной.

ξ - коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения $\xi = 0,1$.

$k_{эф}$ - Коэффициент эффективности рекуператора, тоже что и в п.7.6.

ν - коэффициент снижения теплоступлений в период превышения их над теплопотерями засчет тепловой инерции ограждающих конструкций определяется по приложению Г в [СП 50.13330]:

$$\nu = 0,7 + 0,000025(\text{ГСОП} - 1000), \quad (7.13)$$

β_h - коэффициент учета дополнительных тепловых потерь системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными тепловыми потерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, тепловыми потерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения для:

- многосекционных и других протяженных зданий $\beta_h=1,13$;
- зданий башенного типа $\beta_h=1,11$;
- зданий с отапливаемыми подвалами или чердаками $\beta_h=1,07$;
- зданий с отапливаемыми подвалами и чердаками, а также с квартирными генераторами теплоты $\beta_h=1,05$.

Таблица 7.8

Комплексные показатели

№ п/п	Показатель	Обозначение показателя и единица измерения	Значение показателя
27	Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q, \text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$	
28	Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период	$q_{\text{от}}^p, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	
29	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$Q_{\text{от}}^{\text{год}}, \text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}$	
30	Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий	$q_{\text{от}}^{\text{нр}}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	
31	Класс энергосбережения		
32	Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите		

Рассмотрим значения показателей из таблицы 78.

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $q, \text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$ или, $\text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ следует определять по формуле [1]:

$$q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot q_{\text{рот}}, \quad (7.14)$$

где $q_{\text{рот}}$ — расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период:

$$q_{\text{от}}^{\text{р}} = [k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - (k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}}) \cdot \nu \cdot \zeta (1 - \xi) \cdot \beta_h], \quad (7.15)$$

где $k_{\text{об}}$ - удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/м³·К; $k_{\text{вент}}$ - удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/м³·К; $k_{\text{быт}}$ - удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/м³·К; $k_{\text{рад}}$ - удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/м³·К.

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $Q_{\text{от}}^{\text{год}}$, кВт·ч/год, следует определять по формуле [СП 50.13330]:

$$Q_{\text{от}}^{\text{год}} = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V_{\text{от}} \cdot q_{\text{от}}^{\text{р}}, \quad (7.16)$$

Таблица 7.9

Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, $q_{\text{от}}^{\text{тр}}$, Вт/(м³·К) [СП 50.13330]

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
Жилые многоквартирные, гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290
Примечание - Для регионов, имеющих значение ГСОП=8000 °С·сут и более, нормируемые $q_{\text{от}}^{\text{тр}}$ следует снизить на 5%								

Класс энергосбережения:

$$(q_{\text{от}}^{\text{р}} - q_{\text{от}}^{\text{тр}}) / q_{\text{от}}^{\text{р}} * 100\%, \quad (7.17)$$

Классы энергосбережения жилых и общественных зданий, [СП 50.13330]

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
A++	Очень высокий	Ниже -60	Экономическое стимулирование
A+		От -50 до -60 включительно	
A		От -40 до -50 включительно	
B+	Высокий	От -30 до -40 включительно	Экономическое стимулирование
B		От -15 до -30 включительно	
C+	Нормальный	От -5 до -15 включительно	Мероприятия не разрабатываются
C		От +5 до -5 включительно	
C-		От +15 до +5 включительно	
При эксплуатации существующих зданий			
D	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании
E	Низкий	Более +50	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании, или снос

Условие задачи

Определить класс энергоэффективности здания. Исходные данные приведены в табл.7.11-7.13.

Таблица 7.11

Общая информация о здании

Назначение здания, серия	Жилое
Этажность	15,18-этажное
Конструктивное решение	Стены из монолитного железобетона с заполнением пенобетоном и облицованные кирпичом. Кровля-совмещенная , рулонная с защитным слоем гравия. Окна-металлопластиковые

Таблица 7.12

Расчетные условия функционирования здания

№ п/п	Наименование расчетных параметров	Обозначение символа	Единицы измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	t_n	К	-26
2	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	К	-1,8
3	Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут/год	220
4	Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	К·сут/год	4796
5	Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	t_b	К	20

Таблица 7.13

Геометрические показатели здания

№ п/п	Показатель	Обозначение и единицы измерения	Расчетное (проектное) значение
6	Сумма площадей этажей здания	$A_{от}, м^2$	13184,00
7	Площадь жилых помещений	$A_{ж}, м^2$	7188,80
8	Отапливаемый объем	$V_{от}, м^3$	53748,20
9	Коэффициент остекленности фасада здания	f	0,37
10	Показатель компактности здания	$K_{комп}, м^{-1}$	0,21
11	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания	$A_n^{сум}, м^2$	11313,95
12	в том числе:		
	фасадов	$A_{фас}, м^2$	5757,50
	окон и балконных дверей	$A_{ок}, м^2$	3315,00
	входных дверей	$A_{дв}, м^2$	6,25
	покрытий (совмещенных)	$A_{покp}$	1117,60
	чердаков	$A_{чepд}$	1117,60
13	Окон по сторонам света:		
	С		1234
	З		423,5
	В		423,5
	Ю		1234
	ЮВ/ЮЗ		
	СВ/СЗ		

Для стены $D_d=0,00035$, для остекления $D_d=0,000075$, для перекрытия $D_d=0,00045$, для чердака $D_d=0,0005$.

Таблица 7.15

Вспомогательные показатели

№ п/п	Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение показателя
15	Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_{\text{общ}}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	0,777
16	Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_B, \text{ч}^{-1}$	0,482
17	Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{\text{быт}}, \text{Вт}/\text{м}^2$	17

Варианты ответов

- А) А
- (!) Б) В
- В) D
- Г) В+
- Д) А+

Полное решение задачи

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП). Значение определяется по формуле (7.1):

$$\text{ГСОП} = (20 - (-1,8)) \cdot 220 = 4796 (\text{К} \cdot \text{сут}/\text{год}).$$

Вкладом площади входных дверей ($A_{\text{дв}}$) в общий расчет можно пренебречь, поскольку их площадь составляет 0,055% от общей площади ограждающих конструкций.

Коэффициент остекленности фасада здания:

$$f = 3315 / (5757,5 + 3315) = 0,37$$

Показатель компактности здания:

$$K_{\text{комп}} = 11313,95 / 53748,2 = 0,21 (\text{м}^{-1}).$$

Нормируемые значения R_{req} приведенных сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций считаются по формуле (7.2):

$$\text{Для наружной стены: } R_{\text{req}} = 4796 \cdot 0,00035 + 1,4 = 3,08 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$\text{Для остекления: } R_{\text{req}} = 4796 \cdot 0,000075 + 0,15 = 0,51 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Для перекрытия: $R_{\text{req}}=4796 \cdot 0,00045 + 1,9 = 4,06 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

Для чердаков: $R_{\text{req}}=4796 \cdot 0,0005 + 2,2 = 4,59 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

1. Наружная стена

Состав:

- кирпич по ГОСТ 530-95 $\lambda=0,38 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$, $\delta=0,12 \text{ м}$;
- Rockwool Фасад Баттс $\lambda=0,045 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$, $\delta=0,12 \text{ м}$;
- железобетон $\lambda=2,04 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$, $\delta=0,18 \text{ м}$.

Сопrotивление теплопередаче $R_{\text{факт}}$ определяется по формуле (7.3):

$$R_{\text{факт}} = 1/8,7 + 0,18/2,04 + 0,12/0,045 + 0,12/0,38 + 1/23 = 3,23 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$$

Как видно из расчёта $R_{\text{факт}} > R_{\text{req}}$ - следовательно, конструкция стены соответствует требованиям норм.

2. Окна и балконные двери

Для заполнения проемов применен двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете с межстекольным расстоянием 8 мм в ПВХ переплетах с приточным шумозащитным клапаном “Airbox Comfort” $R_{\text{ок}}=0,51 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$.

3. Перекрытие

- Состав:
- цементно-песчаный раствор $\lambda=0,93 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$, $\delta=0,05 \text{ м}$;
 - гидроизоляция $\lambda=0,17 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$, $\delta=0,003 \text{ м}$;
 - газобетон 600 кг/м³ $\lambda=0,26 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$, $\delta=0,05 \text{ м}$;
 - железобетон $\lambda=2,04 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$, $\delta=0,22 \text{ м}$.

Сопrotивление теплопередаче $R_{\text{факт}}$ определяется по формуле (7.3):

$$R_{\text{факт}} = 1/8,7 + 0,05/0,93 + 0,003/0,17 + 0,05/0,26 + 0,22/2,04 + 1/23 = 4,18 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$$

Как видно из расчета $R_{\text{факт}} > R_{\text{req}}$ - следовательно, конструкция перекрытий соответствует требованиям норм.

4. Чердачные перекрытия:

- Состав:
- цементно-песчаный раствор $\lambda=0,93 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$, $\delta=0,05 \text{ м}$;
 - гидроизоляция $\lambda=0,17 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$, $\delta=0,003 \text{ м}$;
 - пенополистирол $\lambda=0,032 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$, $\delta=0,13 \text{ м}$;

- газобетон 600 кг/м³ $\lambda=0,26$ (Вт/м²·К), $\delta=0,05$ м;

- железобетон $\lambda=2,04$ (Вт/м²·К), $\delta=0,22$ м.

Соппротивление теплопередаче $R_{\text{факт}}$ определяется по формуле (7.3):

$$R_{\text{факт}} = 1/8,7 + 0,05/0,93 + 0,003/0,17 + 0,13/0,032 + 0,05/0,26 + 0,22/2,04 + 1/23 = 4,59 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}.$$

Как видно из расчета $R_{\text{факт}} = R_{\text{req}}$ - следовательно, конструкция чердака соответствует требованиям норм.

Общий коэффициент теплопередачи здания Вт/(м²·К) определяется по формуле:

$$K_{\text{общ}} = 1/11313,95 \cdot (5757,5/3,23 + 3315/0,51 + 1117,6/4,18 + 1117,6/4,59) = 0,777 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период n_v , ч⁻¹ рассчитывается по формуле (7.6):

$$n_v = [(3 \cdot 7188,80 \cdot 168)/168 + (0,6 \cdot 0,85 \cdot 1268,5 \cdot 168)168 \cdot 1,3] / [0,85 \cdot 53748,20] = 0,482 \text{ ч}^{-1}$$

Удельная теплозащитная характеристика здания определяется по формуле (7.8):

$$k_{\text{об}} = 0,21 \cdot 0,777 = 0,163 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}).$$

Удельная вентиляционная характеристика здания определяется по формуле (7.9):

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1,3 \cdot (1 - 0,4) = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}).$$

Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания рассчитывается по формуле (7.10):

$$k_{\text{быт}} = (17 \cdot 7188,8)/(53748,2 \cdot (20 + 1,8)) = 0,1 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}).$$

Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации определяется по формула (7.11):

$$k_{\text{рад}} = (11,6 \cdot 1241327,5)/(53748,2 \cdot 4796) = 0,056 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}),$$
$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = 0,68 \cdot 0,8 \cdot (1234 \cdot 394 + 423,5 \cdot 650 + 423,5 \cdot 650 + 1234 \cdot 1009) = 1241327,5 \text{ МДж}/\text{год}.$$

где $Q_{\text{рад}}^{\text{год}}$ - теплопоступления через окна от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемые по формуле (7.12):

ν - коэффициент снижения теплопоступлений в период превышения их над теплопотерями за счет тепловой инерции ограждающих конструкций определяется по формуле (7.13):

$$\nu = 0,7 + 0,000025(4796 - 1000) = 0,8.$$

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период q , кВт·ч/(м³·год) следует определять по формуле (7.14):

$$q = 0,024 \cdot 4796 \cdot 0,224 = 25,78 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$$

где $q_{\text{рот}}$ — расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период, определяется по формуле (7.15):

$$\begin{aligned} q_{\text{от}}^{\text{р}} &= [0,163 + 0,18 - (0,1 + 0,056) \cdot 0,8 \cdot 0,95] \cdot (1 - 0,1) \cdot 1,11 = \\ &= 0,224 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}) \end{aligned}$$

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $Q_{\text{от}}^{\text{год}}$, кВт·ч/год, следует определять по формуле (7.16):

$$Q_{\text{от}}^{\text{год}} = 0,024 \cdot 4796 \cdot 53748,20 \cdot 0,224 = 1385805 \text{ (кВт} \cdot \text{ч/год)}$$

Класс энергосбережения определяется по формуле (7.17): -29%.

Согласно таблице 7.10, класс энергоэффективности В.

В результате расчета получены важные характеристики здания, которые позволяют оценить его энергоэффективность. Когда здание обладает высоким классом энергосбережения, это позволяет выделять на него меньшую тепловую нагрузку, и, как следствие, это снизит затраты на отопление. В случае низкой энергоэффективности, тепловая нагрузка должна быть выше, и, как следствие, затраты на отопление будут выше.

Задание для самостоятельного решения

Смотри исходные данные к практическому занятию № 1 и в Приложении 1 к Разделу 2 «Эксплуатация ограждающих конструкций».

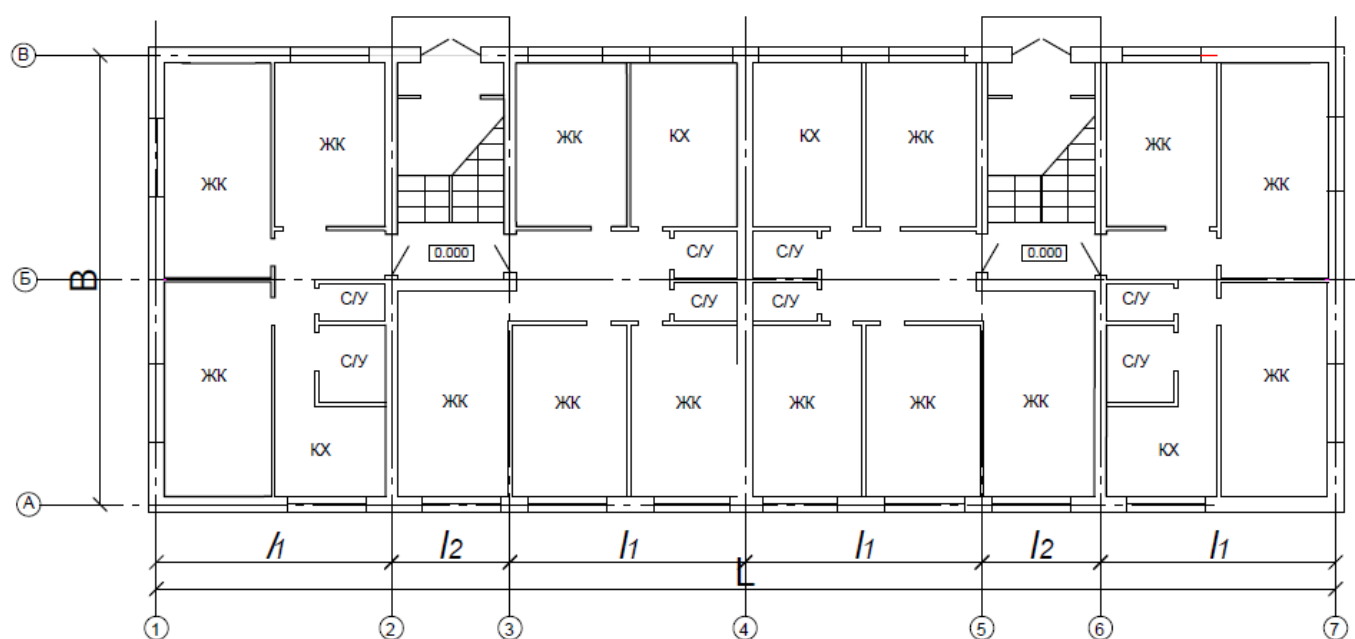
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ

для выполнения практических занятий

РАЗДЕЛ 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Графическая часть

План 1-ого этажа.



Фасад 1-7

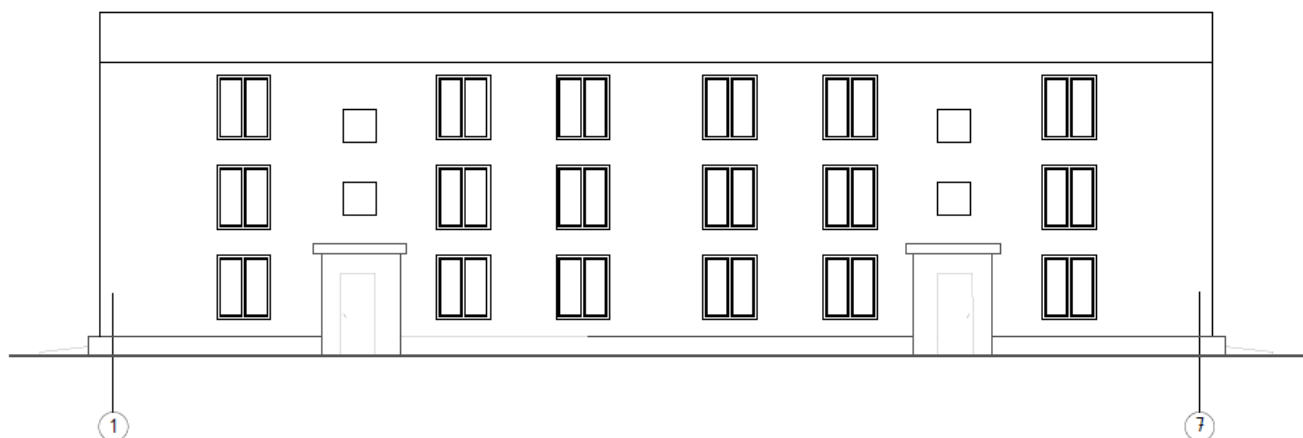
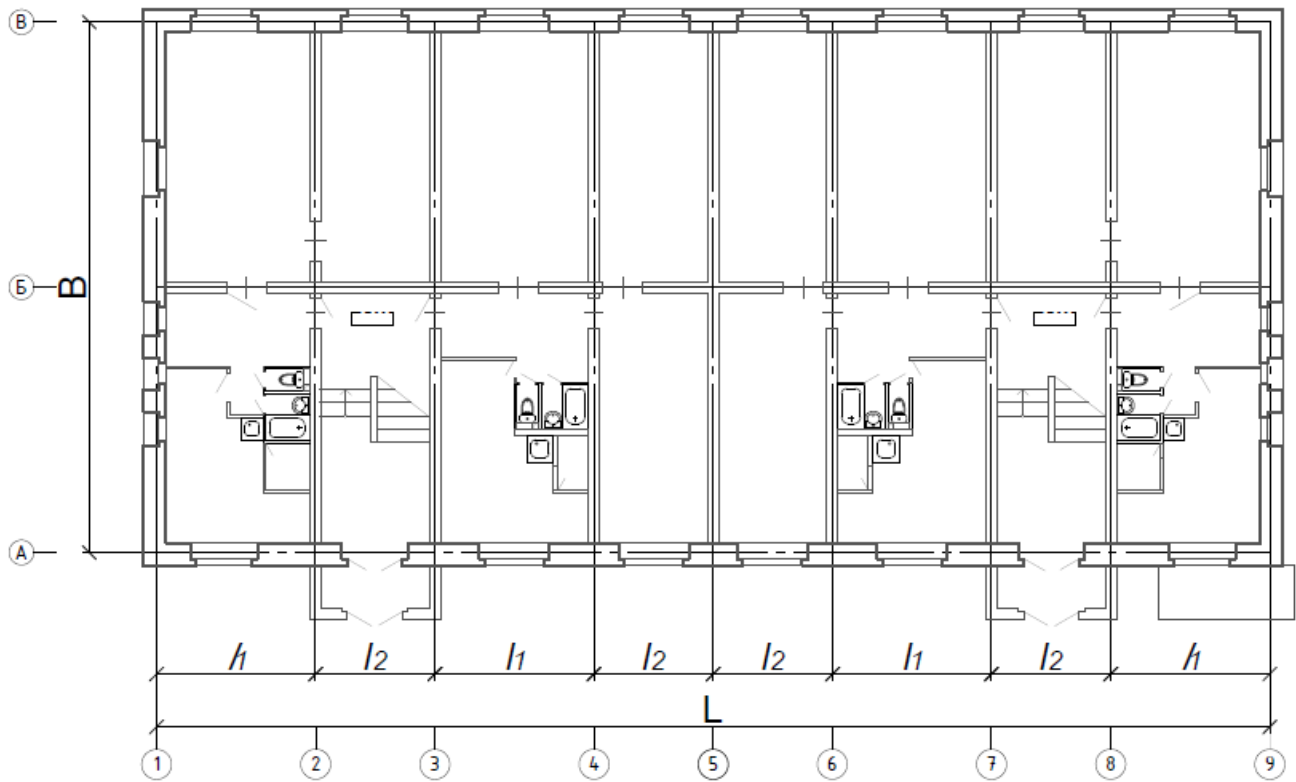


Рис. 1. Вариант 1 (пример варианта фасада).

План 1-ого этажа.



Фасад 1-9

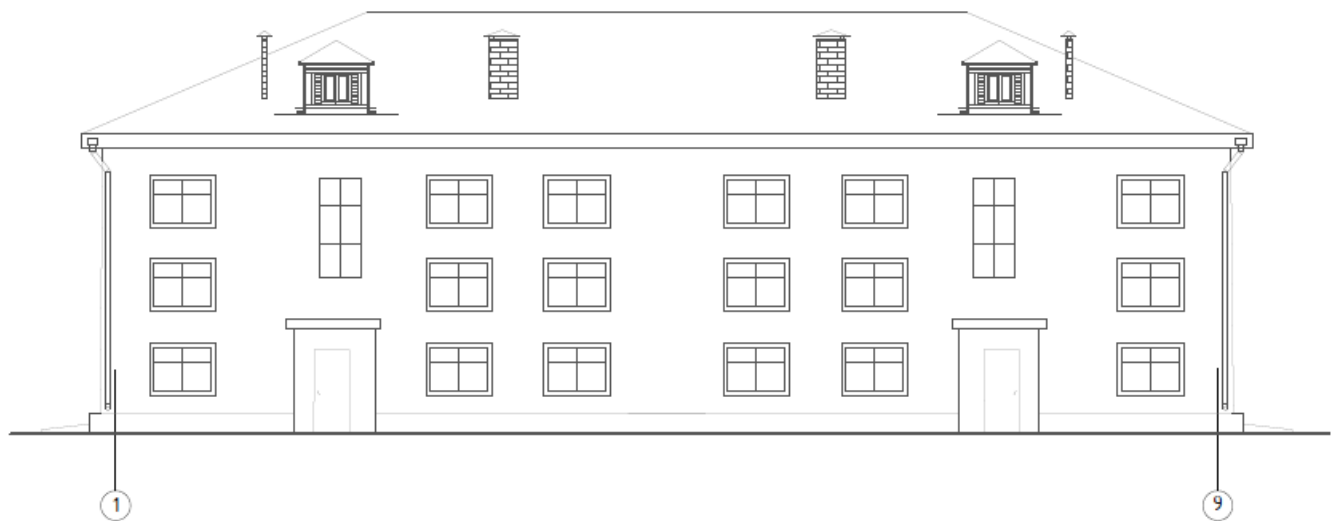


Рис. 2. Вариант 3 (пример варианта фасада).

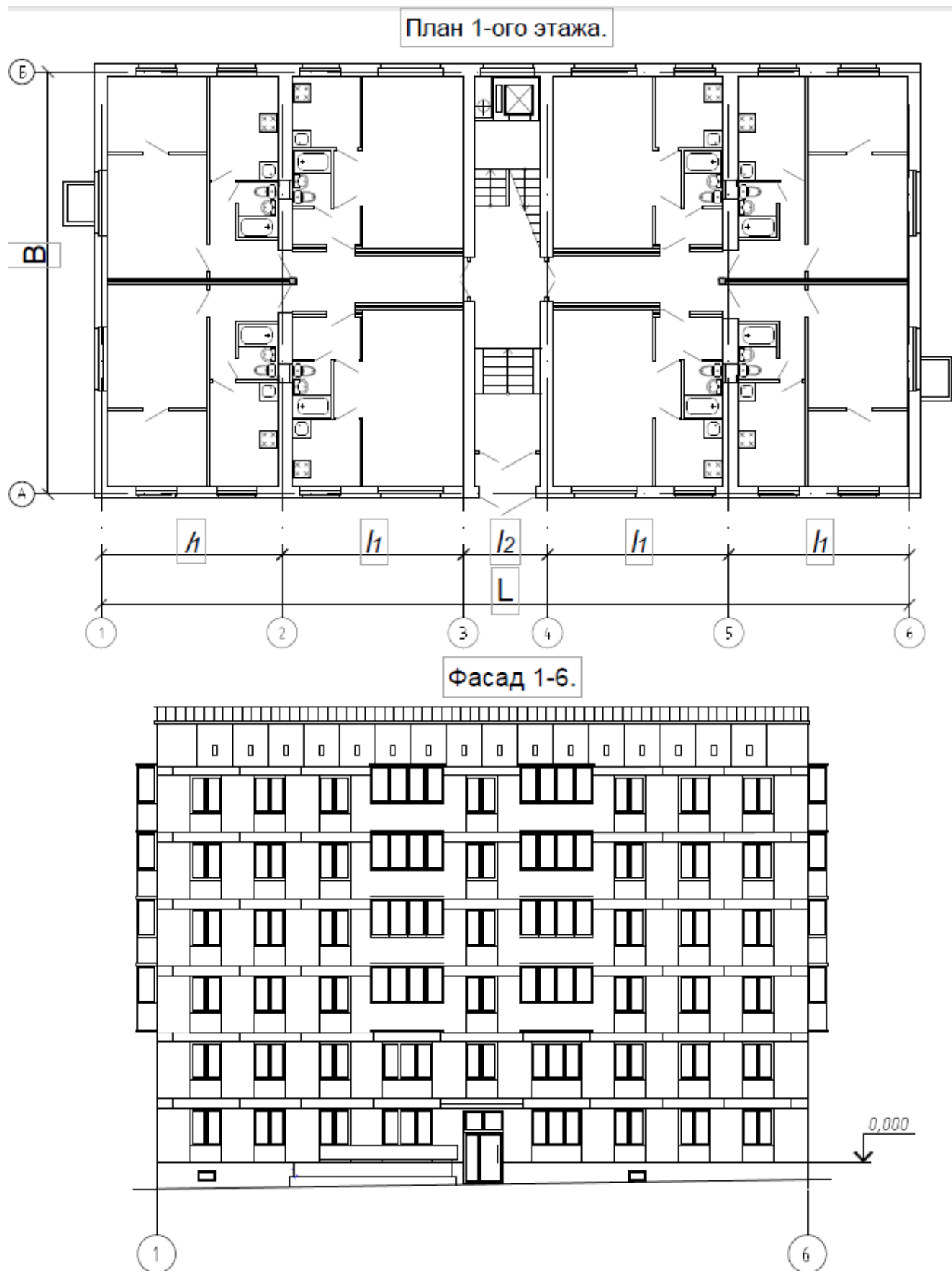


Рис. 3. Вариант 3 (пример варианта фасада).

Исходные данные

Вариант	Вариант плана/ Этажность	Кровля	Высота		L, длина		В, ширина*	Проемы	
			h _э	h _{черд}	l ₁	l ₂		ОК	ДВ
Вариант 1	1/5	Скатная	2,9	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1,5x2,1
Вариант 2	2/4	Скатная	3,0	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1,5x2,1
Вариант 3	3/6	Плоская	2,9	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1,5x2,1
Вариант 4	1/5	Скатная	3,0	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1,5x2,1
Вариант 5	2/4	Скатная	2,9	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1,5x2,1
Вариант 6	3/5	Плоская	3,0	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1,5x2,1
Вариант 7	1/5	Плоская	2,9	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1,5x2,1
Вариант 8	2/4	Скатная	3,0	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1,5x2,1
Вариант 9	1/5	Плоская	2,9	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1,5x2,1
Вариант 10	2/5	Плоская	3,0	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1,5x2,1
Вариант 11	1/5	Скатная	2,9	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1,5x2,1
Вариант 12	2/4	Скатная	3,0	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1,5x2,1
Вариант 13	3/6	Плоская	2,9	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1,5x2,1
Вариант 14	1/5	Скатная	3,0	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1,5x2,1
Вариант 15	2/4	Скатная	2,9	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1,5x2,1
Вариант 16	3/5	Плоская	3,0	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1,5x2,1
Вариант 17	1/5	Плоская	2,9	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1,5x2,1
Вариант 18	2/4	Скатная	3,0	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1,5x2,1
Вариант 19	1/5	Плоская	2,9	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1,5x2,1
Вариант 20	2/5	Плоская	3,0	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1,5x2,1
Вариант 21	1/5	Скатная	2,9	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1,5x2,1
Вариант 22	2/4	Скатная	3,0	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1,5x2,1
Вариант 23	3/6	Плоская	2,9	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1,5x2,1
Вариант 24	1/5	Скатная	3,0	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1,5x2,1
Вариант 25	2/4	Скатная	2,9	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1,5x2,1
Вариант 26	3/5	Плоская	3,0	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1,5x2,1
Вариант 27	1/5	Плоская	2,9	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1,5x2,1
Вариант 28	2/4	Скатная	3,0	1,8	2,8	6,4	12,0	1,2x2,0	1,5x2,1

Вариант 29	1/5	Плоская	2,9	1,8	3,0	5,8	14,0	1,4x1,8	1,5x2,1
Вариант 30	2/5	Плоская	3,0	1,8	2,4	6,0	16,0	1,25x1,8	1,5x2,1

Прим.:*-расстояние между горизонтальными осями симметрично, n-число слоёв остекления.

Таблица 2

Исходные данные по системе отопления

Вар.	Система отопления	Вар.	Система отопления	Вар.	Система отопления
1	2-х трубная, с верхней разводкой, ввод с главного фасада	12	2-х трубная, с верхней разводкой, ввод с главного фасада	22	2-х трубная, с верхней разводкой, ввод с главного фасада
2	2-х трубная, с нижней разводкой. ввод с правой стороны дома	13	2-х трубная, с нижней разводкой. ввод с правой стороны дома	23	2-х трубная, с нижней разводкой. ввод с правой стороны дома
3	Однотрубная, верхняя разводка, ввод с главного фасада	14	Однотрубная, верхняя разводка, ввод с главного фасада	24	Однотрубная, верхняя разводка, ввод с главного фасада
4	Однотрубная, нижняя разводка ввод с правой стороны дома	15	Однотрубная, нижняя разводка ввод с правой стороны дома	25	Однотрубная, нижняя разводка ввод с правой стороны дома
5	2-х трубная, с верхней разводкой, ввод с главного фасада	16	2-х трубная, с верхней разводкой, ввод с главного фасада	26	2-х трубная, с верхней разводкой, ввод с главного фасада
6	2-х трубная, с нижней разводкой. ввод с правой стороны дома	17	2-х трубная, с нижней разводкой. ввод с правой стороны дома	27	2-х трубная, с нижней разводкой. ввод с правой стороны дома
7	Однотрубная, верхняя разводка, ввод с главного фасада	18	Однотрубная, верхняя разводка, ввод с главного фасада		Однотрубная, верхняя разводка, ввод с главного фасада
8	Однотрубная, нижняя разводка ввод с правой стороны дома	19	Однотрубная, нижняя разводка ввод с правой стороны дома	28	Однотрубная, нижняя разводка ввод с правой стороны дома
9	2-х трубная, с нижней разводкой. ввод с правой стороны дома	20	2-х трубная, с нижней разводкой. ввод с правой стороны дома	29	2-х трубная, с верхней разводкой, ввод с главного фасада
10	Однотрубная, верхняя разводка, ввод с главного фасада	21	Однотрубная, верхняя разводка, ввод с главного фасада	30	2-х трубная, с нижней разводкой. ввод с правой стороны дома

Исходные данные по расположению здания

Вар.	Расположение жилого дома относительно стороны света	Вар.	Расположение жилого дома относительно стороны света	Вар.	Расположение жилого дома относительно стороны света
1	Главный фасад направлен на СЗ	12	Главный фасад направлен на СЗ	22	Главный фасад направлен на СЗ
2	Главный фасад направлен на С	13	Главный фасад направлен на С	23	Главный фасад направлен на С
3	Главный фасад направлен на ЮЗ	14	Главный фасад направлен на ЮЗ	24	Главный фасад направлен на ЮЗ
4	Главный фасад направлен на З	15	Главный фасад направлен на З	25	Главный фасад направлен на З
5	Главный фасад направлен на СВ	16	Главный фасад направлен на СВ	26	Главный фасад направлен на СВ
6	Главный фасад направлен на ЮЗ	17	Главный фасад направлен на ЮЗ	27	Главный фасад направлен на ЮЗ
7	Главный фасад направлен на ЮВ	18	Главный фасад направлен на ЮВ		Главный фасад направлен на ЮВ
8	Главный фасад направлен на Ю	19	Главный фасад направлен на Ю	28	Главный фасад направлен на Ю
9	Главный фасад направлен на С	20	Главный фасад направлен на С	29	Главный фасад направлен на С
10	Главный фасад направлен на СЗ	21	Главный фасад направлен на СЗ	30	Главный фасад направлен на СЗ