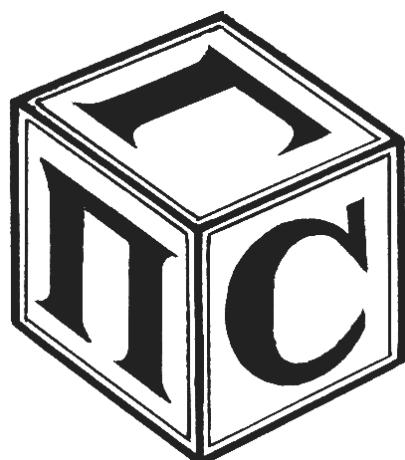


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

# СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов специальности  
6-05-0732-02 «Экспертиза и управление недвижимостью»,  
7-06-0732-01 «Строительство» и 7-07-0732-01 «Строительство  
зданий и сооружений» дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2026

УДК 69.05  
ББК 38.6  
С64

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»  
«27» ноября 2025 г., протокол № 4

Составитель канд. техн. наук, доц. О. В. Голушкива

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. В. Кутузов

Методические рекомендации содержат теоретическую часть и пример  
решения задачи практического занятия.

Учебное издание

## СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Ответственный за выпуск

С. В. Данилов

Корректор

И. В. Голубцова

Компьютерная верстка

Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2026

## Содержание

1 Практическое занятие № 1. Определение класса энергетической эффективности здания. Определение геометрических параметров.....	4
2 Практическое занятие № 2. Определение класса энергетической эффективности здания. Определение теплотехнических характеристик конструкций зданий: наружных стен, покрытий, подвалов, полов.....	8
3 Практическое занятие № 3. Определение класса энергетической эффективности здания. Определение энергетических характеристик здания...	16
4 Практическое занятие № 4. Определение трудоемкости работ при реализации энергосберегающих конструктивных решений зданий.....	25
5 Практическое занятие № 5. Определение продолжительности выполнения работ при реализации энергосберегающих конструктивных решений зданий.....	31
Список литературы.....	34
Приложение А .....	35
Приложение Б .....	38
Приложение В .....	42
Приложение Г .....	45

# 1 Практическое занятие № 1. Определение класса энергетической эффективности здания. Определение геометрических параметров

## *Общие сведения*

Энергетические паспорта оформляются на основании проектной документации и энергетического обследования и требуются для ввода здания в эксплуатацию.

Нормами установлены следующие показатели энергетической эффективности жилых и общественных зданий, бытовых и административных зданий производственных предприятий:

а) теплотехнические показатели:

- приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций;
- воздухопроницаемость при стандартном перепаде давления.

Примечание – Для производственных зданий нормируется только приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций;

б) энергетические показатели:

- удельный расход энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период;
- удельный расход энергии на охлаждение и вентиляцию здания за период охлаждения;
- удельный расход энергии на подогрев воды в системе горячего водоснабжения.

При оценке энергетической эффективности здания выполняют:

- 1) расчет геометрических и объемно-планировочных параметров здания и описывают конструктивное решение объекта;
- 2) выбирают климатические и теплоэнергетические параметры;
- 3) теплотехнические расчеты ограждающих конструкций здания;
- 4) расчеты энергетических показателей.

### *Геометрические и объемно-планировочные параметры здания.*

Общую площадь наружных стен с учетом оконных и дверных проемов определяют как произведение периметра здания по наружной поверхности стен на высоту внутри здания, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа.

Площадь окон и балконных дверей  $A_F$  и площадь наружных дверей и ворот  $A_{ed}$  определяют по размерам проемов в свету.

Площадь наружных стен  $A_w$  без учета окон и дверей определяют как разность общей площади наружных стен и суммарной площади окон и балконных дверей  $A_F$  и наружных дверей  $A_{ed}$ .

Площадь горизонтальных наружных ограждающих конструкций (покрытия, чердачного и цокольного перекрытий) определяют как площадь этажа здания (в пределах внутренних поверхностей наружных стен). При наклонных поверх-

ностях потолков последнего этажа площадь покрытия (чердачного перекрытия) определяют как площадь внутренней поверхности потолка.

Отапливаемую площадь здания определяют как площадь этажей здания (и для отапливаемых цокольного, подвального и мансардного) в пределах внутренних поверхностей наружных стен, включая площадь, занимаемую перегородками и внутренними стенами. При этом площадь отапливаемых лестничных клеток и лифтовых шахт включают в площадь этажа. В отапливаемую площадь здания не включают площадь теплых чердаков, неотапливаемых технических этажей, подвалов (подполий), холодных неотапливаемых веранд, неотапливаемых лестничных клеток, а также холодного чердака или его части, не занятой под мансарду.

При определении отапливаемой площади мансардного этажа учитывают площадь, ограниченную высотой до наклонного потолка: 1,2 м – при наклоне  $30^\circ$  к горизонту; 0,8 м – при наклоне от  $45^\circ$  до  $60^\circ$ ; при наклоне  $60^\circ$  и более площадь измеряют до наружной стены.

Площадь жилых комнат здания определяют как суммарную площадь всех жилых комнат.

Отапливаемый объем определяют объемом, ограниченным внутренними поверхностями наружных и внутренних ограждающих конструкций (например, стен, покрытия (чердачного перекрытия), перекрытия подвала, цокольного этажа или пола по грунту). Отапливаемый объем многоэтажного здания с одинаковым по высоте контуром наружных стен определяют как произведение отапливаемой площади типового этажа на высоту внутри здания, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа. Основные геометрические параметры приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Геометрические показатели здания

Показатель	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение
1 Общая площадь наружных поверхностей наружных ограждающих конструкций	$A_e^{sum}$	$\text{м}^2$	
2 Площадь покрытий (чердачных перекрытий)	$A_C$	$\text{м}^2$	
3 Площадь цокольных перекрытий	$A_f$	$\text{м}^2$	
4 Площадь заполнений световых проемов (окон, балконных дверей, зенитных фонарей)	$A_F$	$\text{м}^2$	
5 Площадь наружных дверей и ворот	$A_{ed}$	$\text{м}^2$	
6 Отапливаемая площадь здания	$A_h$	$\text{м}^2$	
7 Площадь наружных стен	$A_w$	$\text{м}^2$	
8 Площадь кухонь	$A_k$	$\text{м}^2$	
9 Площадь жилых помещений	$A_l$	$\text{м}^2$	
10 Отапливаемый объем	$V_h$	$\text{м}^3$	
11 Расчетный показатель компактности здания	$k_e^{des}$		

Расчетный показатель компактности здания  $k_e^{des}$  определяют по формуле

$$k_e^{des} = \frac{A_e^{sum}}{V_h}. \quad (1.1)$$

Задание к практическому занятию выбирается для каждого студента индивидуально (таблица А.1 и рисунок А.1).

### **Расчетная часть**

*Пример расчета энергетического паспорта здания.*

Определить геометрические показатели пятиэтажного двух подъездного крупнопанельного жилого дома, построенного в г. Могилеве. Здание отдельно стоящее, имеет технический подвал, в котором расположены инженерные сети – системы отопления и горячего водоснабжения. Жилые квартиры располагаются во всем здании, на каждом этаже по восемь квартир, объединенных вокруг двух лестничных клеток. Высота этажа – 2,7 м. За отметку 0,00 принята отметка чистого пола первого этажа жилого дома. Здание подключено к центральной системе теплоснабжения без узлов учета потребленной энергии. Объемно-планировочные решения здания представлены на рисунках 1.1 и 1.2, а расчетные геометрические показатели – в таблице 1.2.

Конструктивная схема здания – бескаркасная.

Стены выполнены из стеклобетонных панелей, окна с трехслойным остеклением из панелей ПВХ, покрытие совмещенное железобетонное с эффективным утеплителем. Полы в подвале по грунту.

Таблица 1.2 – Геометрические показатели здания

Показатель	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение
1 Общая площадь наружных поверхностей наружных ограждающих конструкций	$A_e^{sum}$	$\text{м}^2$	1619,11
2 Площадь покрытий (чердачных перекрытий)	$A_C$	$\text{м}^2$	381,87
3 Площадь цокольных перекрытий	$A_f$	$\text{м}^2$	381,87
4 Площадь заполнений световых проемов (окон, балконных дверей, зенитных фонарей)	$A_F$	$\text{м}^2$	330,23
5 Площадь наружных дверей и ворот	$A_{ed}$	$\text{м}^2$	5,88
6 Отапливаемая площадь здания	$A_h$	$\text{м}^2$	1909,35
7 Площадь наружных стен	$A_w$	$\text{м}^2$	901,13
8 Площадь кухонь	$A_k$	$\text{м}^2$	246,5
9 Площадь жилых помещений	$A_l$	$\text{м}^2$	999,5
10 Отапливаемый объем	$V_h$	$\text{м}^3$	5125,1

Расчетный показатель компактности здания  $k_e^{des}$  определяют по формуле (1.1):

$$k_e^{des} = \frac{1619,11}{5125,1} = 0,32.$$

Согласно [1], расчетный показатель компактности здания  $k_e^{des}$  не должен превышать для жилого пятиэтажного дома более 0,36. В дальнейших расчетах принимаем  $k_e^{des} = 0,32$ .

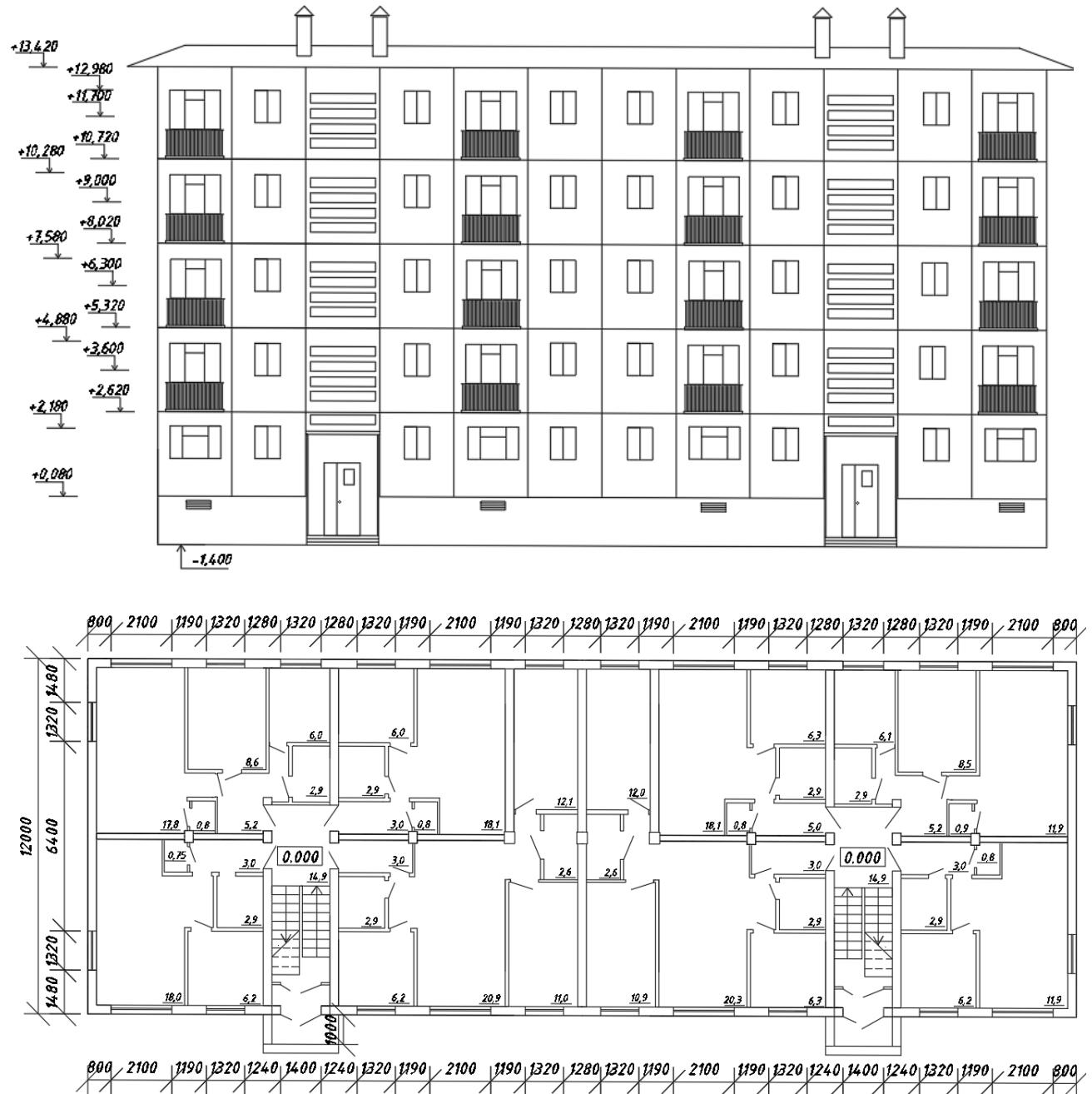


Рисунок 1.1 – Фасад жилого дома и план типового этажа

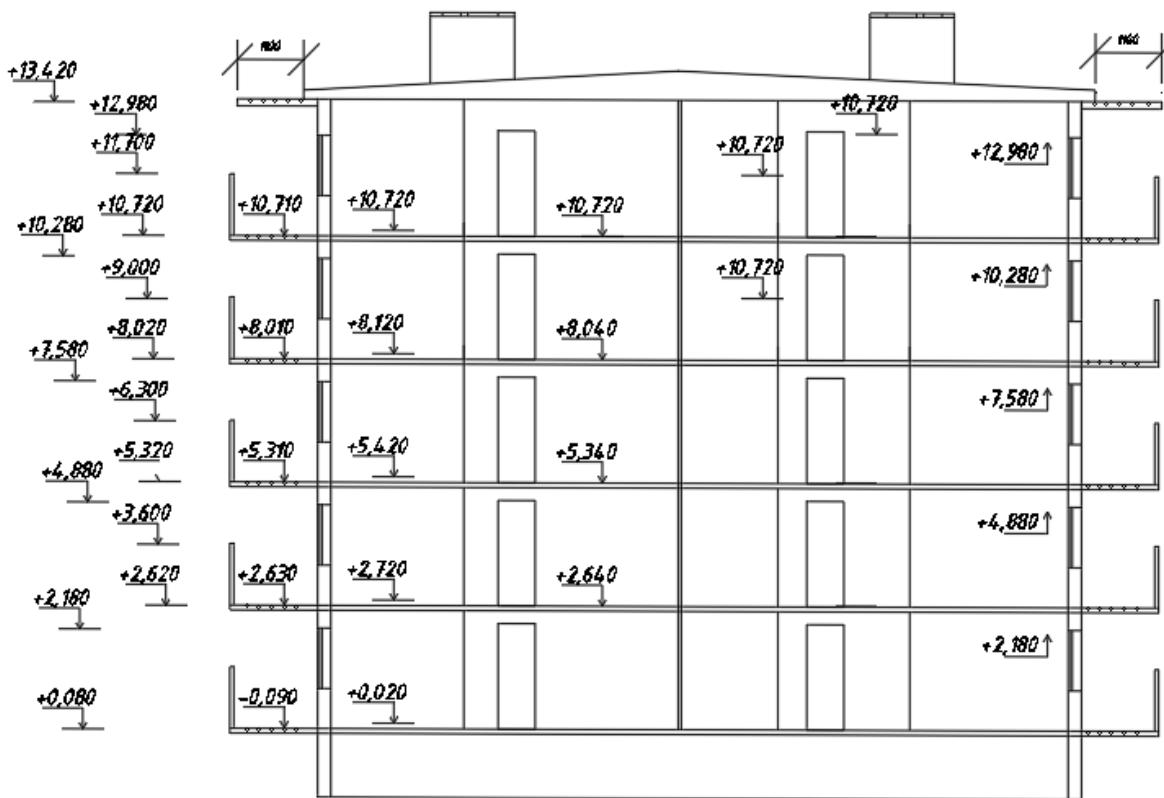


Рисунок 1.2 – Разрез жилого дома

### **Контрольные вопросы**

- 1 Как определяется отапливаемая площадь здания?
- 2 В чем состоит физический смысл показателя компактности здания?

## **2 Практическое занятие № 2. Определение класса энергетической эффективности здания. Определение теплотехнических характеристик конструкций зданий: наружных стен, покрытий, подвалов, полов**

### **Общие сведения**

Из норм выбираем исходные данные для расчетов согласно таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Исходные данные

Показатель	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение
1	2	3	4
1 Расчетная температура внутреннего воздуха	$t_{int}$	°C	
2 Расчетная температура наружного воздуха	$t_{ext}$	°C	
3 Продолжительность отопительного периода	$Z_{ht}$	сут	

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4
4 Средняя температура наружного воздуха	$t_{ht}$	°C	
5 Расчетная температура техподполья	$t_c$	°C	
6 Градусо-сутки отопительного периода	$D_d$		

Коэффициент остекленности фасада здания  $f$  определяют по формуле

$$f = \frac{A_f}{A_w + A_F + A_{ed}} . \quad (2.1)$$

Градусо-сутки отопительного периода  $D_d$ , °C·сут, находят по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot Z_{ht} . \quad (2.2)$$

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен

$$R_W^r = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\alpha_B \Delta t_B}, \quad (2.3)$$

где  $n$  – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху; принимают по таблице Б.1;

$\alpha_B$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C); принимают по таблице Б.2;

$\Delta t_B$  – расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °C; принимают по таблице Б.3.

Тепловую инерцию ограждающей конструкции  $D$  вчисляют по формуле

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + \dots + R_n s_n, \quad (2.4)$$

где  $R_1, R_2, R_n$  – термическое сопротивление отдельных слоев ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·°C/Вт; определяют по формуле (2.5);

$s_1, s_2, s_n$  – расчетный коэффициент теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции в условиях эксплуатации, Вт/(м<sup>2</sup>·°C) [4].

Термическое сопротивление однородной ограждающей конструкции, или слоя многослойной конструкции  $R$ , м<sup>2</sup>·°C/Вт, определяют по формуле

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (2.5)$$

где  $\delta$  – толщина слоя, м;

$\lambda$  – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя конструкции, Вт/(м·°C) [4].

### Расчетная часть

*Пример расчета энергетического паспорта здания.*

Для определения теплотехнических характеристик конструкций зданий: наружных стен, покрытий, подвалов, полов находим основные климатические параметры района застройки согласно таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Климатические параметры

Показатель	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение
1 Расчетная температура внутреннего воздуха	$t_{int}$	°C	18°
2 Расчетная температура наружного воздуха	$t_{ext}$	°C	-30,5°
3 Продолжительность отопительного периода	$Z_{ht}$	сут	204
4 Средняя температура наружного воздуха	$t_{ht}$	°C	-1,9°
5 Расчетная температура техподполья	$t_c$	°C	5°
6 Градусо-сутки отопительного периода	$D_d$		4059,6

Коэффициент остекленности фасада здания  $f$  определяют по формуле

$$f = \frac{330}{901,13 + 330,23 + 5,88} = 0,31.$$

Градусо-сутки отопительного периода  $D_d$ , °C·сут, вычисляют по формуле

$$D_d = (18 - (-1,9)) \cdot 204 = 4059,6.$$

Выполним теплотехнический расчет для наружных стен (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Исходная конструкция стены

Наименование слоев	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·°C)	Толщина слоя, мм
1 Стеновая панель из ячеистого бетона	900	0,33	300
2 Раствор цементно-песчаный	1800	0,93	20

Приведенное сопротивление теплопередаче непрозрачной теплотехнически неоднородной ограждающей конструкции рассчитываем упрощенным методом. При расчете приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен упр-

щенным методом нормативное значение определяют умножением базового значения приведенного сопротивления теплопередаче, указанного в [3, таблица Б.4], на повышающий коэффициент, указанный в таблице Б.5.

Сопротивление теплопередаче наружных стен

$$R_K = \frac{0,3}{0,33} + \frac{0,02}{0,93} = 0,932 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт.}$$

Нормативное сопротивление теплопередаче  $R_{m.norm}$  для наружных стен составляет

$$3,2 \cdot 1,98 \cdot 0,8 = 4,86 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт.}$$

Для определения расчетной зимней температуры наружного воздуха вычисляем тепловую инерцию стены  $D$ :

$$D = 4,95 \cdot 0,909 + 11,09 \cdot 0,022 = 4,74.$$

Согласно таблице Б.6, для ограждающей конструкции с тепловой инерцией свыше 4 за расчетную зимнюю температуру наружного воздуха следует принимать среднюю температуру наиболее холодных трех суток. Для г. Могилева она составляет  $t_H = \frac{-37 + -24}{2} = -30,5 \text{ °C}$ .

Определяем требуемое сопротивление теплопередаче стены по формуле

$$R_{m.min} = \frac{1 \cdot (18 + 30,5)}{8,7 \cdot 6} = 0,929 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт.}$$

Расчетное сопротивление теплопередаче стены

$$R_m = \frac{1}{\alpha_B} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_H};$$

$$R_{m0} = \frac{1}{8,7} + 0,932 + \frac{1}{23} = 1,09 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт},$$

$R_m = 1,09 \leq R_{m.norm} = 4,86 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт}$  – требуется дополнительное утепление.

Принимаем следующую конструкцию (рисунок 2.1 и таблица 2.4).

Определяем термическое сопротивление теплопередаче без учета слоя утеплителя:

$$R_K = \frac{0,3}{0,33} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,015}{0,93} = 0,947 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт.}$$

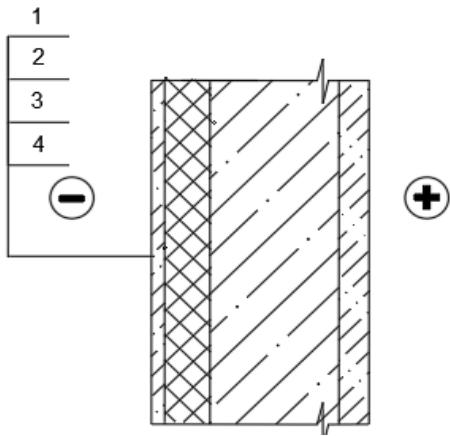


Рисунок 2.1 – Принятая конструкция наружной стены

Таблица 2.4 – Исходные данные принятой конструкции стены

Наименование слоев	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м · °C)	Толщина слоя, мм
1 Защитно-отделочный слой	1800	0,93	15
2 Минераловатные плиты	50	0,0416	150
3 Стеновая панель из ячеистого бетона	900	0,33	300
4 Раствор цементно-песчаный	1800	0,93	20

Определяем термическое сопротивление теплоизоляционного слоя:

$$R_{m.m.u} = R_{m.norm} - R_{cyc} = 4,86 - 0,947 = 3,913 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт.}$$

Определяем толщину утеплителя:

$$\delta_y = R_{m.m.u} \cdot \lambda_y = 3,913 \cdot 0,0416 = 0,163 \text{ м.}$$

Принимаем в качестве утеплителя плиты теплоизоляционные из минеральной ваты толщиной 165 мм.

Определяем сопротивление теплопередаче с учетом утеплителя:

$$R_m = \frac{0,3}{0,33} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,165}{0,0416} + \frac{0,015}{0,93} = 4,913 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт.}$$

$$4,913 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт} > 4,86 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт} \text{ (условие выполнено).}$$

Выполним теплотехнический расчет для покрытия (рисунок 2.2 и таблица 2.5). Нормативное сопротивление теплопередаче  $R_{m.norm}$  для покрытия составляет  $6 \cdot 1,1 \cdot 0,9 = 5,94 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт.}$

Рассчитаем сопротивление теплопередачи покрытия без учета утеплителя:

$$R_K = R_{K1} + R_{K2} + R_{K3} + R_{K4} + R_{K5} + R_{K6} + R_{K7} = \frac{0,005}{0,17} +$$

$$+ \frac{0,0035}{0,17} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,02}{0,19} + \frac{0,0035}{0,17} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,16}{2,04} = 0,291 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт};$$

$$R_m = \frac{1}{\alpha_B} + R_K + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + 0,291 + \frac{1}{23} = 0,449 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт};$$

$R_m = 0,449 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт} < R_{m,норм} = 5,94 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bт}$  – требуется дополнительное утепление.

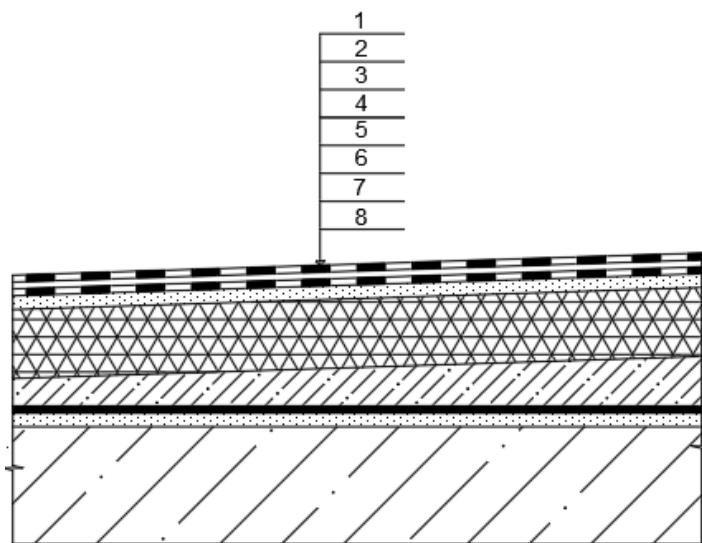


Рисунок 2.2 – Конструкция покрытия

Таблица 2.5 – Исходные данные принятой конструкции покрытия

Наименование слоев	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м · °C)	Толщина слоя, мм
1 Первый слой кровельного материала	600	0,17	5
2 Второй слой кровельного материала	600	0,17	3,5
3 Стяжка из цементно-песчаного раствора	1800	0,93	30
4 Утеплитель – плиты пенополистирольные	35	0,05	
5 Легкий бетон для уклона	600	0,19	20
6 Слой пароизоляции из рулонного материала	600	0,17	3,5
7 Затирка, выравнивающая из цементно-песчаного раствора	1800	0,93	5
8 Ж/б плита покрытия	2500	2,04	160

Определяем термическое сопротивление теплоизоляционного слоя:

$$R_{m.m.u} = R_{m.norm} - R_{cyc} = 5,94 - 0,449 = 5,491 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt.}$$

Определяем толщину теплоизоляции:

$$\delta_y = R_{m.m.u} \cdot \lambda_y = 5,491 \cdot 0,05 = 0,274 \text{ м.}$$

Принимаем в качестве утеплителя плиты пенополистирольные толщиной 275 мм и рассчитываем сопротивление теплопередаче покрытия с учетом утеплителя:

$$R_K = R_{K1} + R_{K2} + R_{K3} + R_{K4} + R_{K5} + R_{K6} + R_{K7} + R_{K8} = \frac{0,005}{0,17} +$$

$$+ \frac{0,0035}{0,17} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,02}{0,19} + \frac{0,0035}{0,17} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,16}{2,04} + \frac{0,275}{0,05} = 5,791 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt};$$

$$R_m = \frac{1}{\alpha_B} + R_K + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + 5,791 + \frac{1}{23} = 5,949 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt};$$

$$R_m = 5,949 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt} > R_{m.norm} = 5,94 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt.}$$

Принимаем для утепления кровли плиты пенополистирольные толщиной 0,275 м.

Выполняем теплотехнический расчет перекрытия над неотапливаемым подвалом. Конструкция принята согласно рисунку 2.3 и таблице 2.6.

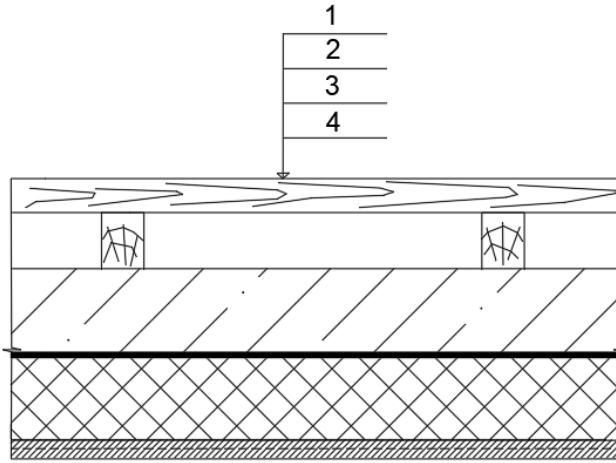


Рисунок 2.3 – Конструкция перекрытия над подвалом

Требуемое сопротивление теплопередаче определяем как

$$R_{mpe6} = \frac{n \cdot (t_B - t_H)}{\alpha_B \cdot \Delta t_B} = \frac{1 \cdot ((+18) - (+5))}{8,7 \cdot 0,8} = 1,868 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt.}$$

Таблица 2.6 – Исходные данные принятой конструкции перекрытия

Наименование слоев	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м · °C)	Толщина слоя, мм
1 Доски пола		0,35	28
2 Воздушная прослойка	600	0,17	150
3 Слой пароизоляции из рулонного материала	600	0,17	3,5
4 Ж/б плита перекрытия	2500	2,04	160

Рассчитаем сопротивление теплопередаче перекрытия без учета утеплителя:

$$R_K = R_{K1} + R_{K2} + R_{K3} + R_{K4} = \frac{0,028}{0,35} + \frac{0,0035}{0,17} + 0,19 + 0,17 = 0,461 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt};$$

$$R_m = \frac{1}{\alpha_B} + R_K + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + 0,461 + \frac{1}{17} = 0,635 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt};$$

$R_m = 0,635 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt} < R_{m.norm} = 1,868 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt}$  – требуется дополнительное утепление.

Определяем термическое сопротивление теплоизоляционного слоя:

$$R_{m.m.u} = R_{m.norm} - R_{cyc} = 1,868 - 0,635 = 1,233 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt}.$$

Определяем толщину теплоизоляции:

$$\delta_y = R_{m.m.u} \cdot \lambda_y = 1,233 \cdot 0,0434 = 0,054 \text{ м.}$$

Принимаем в качестве утеплителя плиты минераловатные толщиной 60 мм и рассчитываем сопротивление теплопередаче надподвального перекрытия с учетом утеплителя:

$$R_K = R_{K1} + R_{K2} + R_{K3} + R_{K4} + R_{K5} = \frac{0,028}{0,35} + \frac{0,0035}{0,17} + 0,19 + 0,17 + \frac{0,06}{0,0434} = 1,843 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt};$$

$$R_m = \frac{1}{\alpha_B} + R_K + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + 1,843 + \frac{1}{17} = 2,017 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt};$$

$$R_m = 2,017 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt} > R_{m.norm} = 1,843 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt}.$$

Принимаем для утепления надподвального перекрытия плиты минераловатные толщиной 60 мм.

## ***Контрольные вопросы***

1 Как определяется приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен?

2 Как влияет величина тепловой инерции на теплотехнический расчет наружной стены?

### **3 Практическое занятие № 3Э Определение класса энергетической эффективности здания. Определение энергетических характеристик здания**

#### ***Общие сведения***

Расчетный удельный расход энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q_h^{des}$ , МДж/(м<sup>2</sup>·г) или МДж/(м<sup>3</sup>·г), определяют по формуле

$$q_h^{des} = \frac{Q_h^y}{A_h}, \quad (3.1)$$

где  $Q_h^y$  – требуемое количество энергии на отопление и вентиляцию здания в течение отопительного периода, МДж [1];

$A_h$  – отапливаемая площадь здания, м<sup>2</sup>.

Требуемое количество энергии на отопление и вентиляцию здания в течение отопительного периода  $Q_h^y$ , МДж, рассчитывают по формуле

$$Q_h^y = Q_h \cdot \beta_h - (Q_{int} + Q_S) \cdot v\zeta - Q_{h.rvd}^y - Q_{h.ren}^y + Q_{h.aux}^y, \quad (3.2)$$

где  $Q_h$  – общие теплопотери здания, МДж;

$\beta_h$  – коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери, связанные с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплопотерями через зарадиаторные участки ограждающих конструкций, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения; принимают равным: 1,13 – для многосекционных и других протяженных зданий; 1,11 – для зданий башенного типа; 1,07 – то же с отапливаемыми подвалами; 1,05 – то же с отапливаемыми чердаками, а также с квартирными генераторами теплоты;

$Q_{int}$  – бытовые теплопоступления в течение отопительного периода, МДж;

$Q_S$  – теплопоступления через светопрозрачные ограждающие конструкции (окна и фонари) в течение отопительного периода, МДж;

$\nu$  – коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемое значение  $\nu = 0,9$ ;

$\zeta$  – коэффициент, зависящий от способа регулирования подачи теплоты в системах отопления; принимают по таблице В.1;

$Q_{h.rvd}^y$  – тепловая энергия, передаваемая теплоутилизатором вытяжного воздуха за отопительный период, МДж;

$Q_{h.ren}^y$  – суммарная энергия, вырабатываемая из возобновляемых источников для отопления и вентиляции здания за отопительный период, МДж;

$Q_{h.aux}^y$  – вспомогательная энергия на обеспечение функционирования оборудования систем отопления и вентиляции здания за отопительный период, МДж.

Общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период  $Q_h$ , МДж, определяют по формуле

$$Q_h = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_e^{sum}, \quad (3.3)$$

где  $K_m$  – общий приведенный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°C); рассчитывают по формуле

$$K_m = K_m^{tr} + K_m^{inf}, \quad (3.4)$$

где  $K_m^{tr}$  – приведенный коэффициент теплопередачи через наружные ограждающие конструкции здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°C); определяют по формуле

$$K_m^{tr} = \frac{\frac{A_W}{R_W^r} + \frac{A_F}{R_F^r} + \frac{A_{ed}}{R_{ed}^r} + \frac{n_1 A_C}{R_C^r} + \frac{n_2 A_f}{R_f^r} + \frac{n_3 A_{f_1}}{R_{f_1}^r} + \frac{n_i A_{f_i}}{R_{f_i}^r}}{A_e^{sum}}, \quad (3.5)$$

где  $A_W$  – площадь наружных стен (за исключением проемов), м<sup>2</sup>;

$R_W^r$  – приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен, м<sup>2</sup>·°C/Вт;

$A_F$  – площадь заполнений световых проемов (окон, витражей, фонарей), м<sup>2</sup>;

$R_F^r$  – приведенное сопротивление теплопередаче заполнений световых проемов (окон, витражей, фонарей), м<sup>2</sup>·°C/Вт;

$A_{ed}$  – площадь наружных дверей и ворот, м<sup>2</sup>;

$R_{ed}^r$  – приведенное сопротивление теплопередаче наружных дверей и ворот, м<sup>2</sup>·°C/Вт;

$A_C$  – площадь совмещенных покрытий (в том числе над эркерами), м<sup>2</sup>;

$R_C^r$  – приведенное сопротивление теплопередаче совмещенных покрытий (в том числе над эркерами), м<sup>2</sup>·°C/Вт;

$A_f$  – площадь цокольных перекрытий, м<sup>2</sup>;

$R_f^r$  – приведенное сопротивление теплопередаче цокольных перекрытий,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Bт}$ ;

$A_{f_i}$  – площадь перекрытий над проездами и под эркерами,  $\text{м}^2$ ;

$R_{f_i}^r$  – приведенное сопротивление теплопередаче перекрытий над проездами и под эркерами,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Bт}$ ;

$A_{f_i}$  – площадь  $i$ -х конструкций между отапливаемым и неотапливаемым объемами здания, температура в которых выше, чем температура наружного воздуха,  $\text{м}^2$ ;

$R_{f_i}^r$  – приведенное сопротивление теплопередаче  $i$ -х конструкций между отапливаемым и неотапливаемым объемами здания, температура в которых выше, чем температура наружного воздуха,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Bт}$ ;

$n_1, n_2, n_i$  – коэффициенты, принимаемые в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху; определяют по таблице Б.1;

$K_m^{inf}$  – условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ; рассчитывают по формуле

$$K_m^{inf} = \frac{0,28 \cdot c \cdot n_a \cdot \beta_v \cdot V_h \cdot \rho_a^{ht}}{A_e^{sum}}, \quad (3.6)$$

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

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

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

$\rho_a^{ht}$  – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ; определяют по формуле

$$\rho_a^{ht} = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot (t_{int} + t_{ht})}. \quad (3.7)$$

Среднюю кратность воздухообмена здания за отопительный период  $n_a$ ,  $\text{ч}^{-1}$ , рассчитывают по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле

$$n_a = \frac{3A_l + \frac{G_{inf}}{\rho_a^{ht}}}{\beta_v V_h}. \quad (3.8)$$

Для жилых зданий значение  $G_{inf}$ , кг/ч, определяют по количеству инфильтрующегося воздуха в лестничные клетки по формуле

$$G_{inf} = \frac{A_f + A_{ed}}{R_{a.F}}, \quad (3.9)$$

где  $R_{a.F}$  – требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и входных наружных дверей, м<sup>2</sup>· ч /кг; определяют по [4], при этом расчетную высоту  $H$  принимают с коэффициентом 0,5.

Бытовые теплопоступления в течение отопительного периода  $Q_{int}$ , МДж, определяют по формуле

$$Q_{int} = 0,0864 \cdot q_{int} \cdot Z_{ht} \cdot (A_l + A_k), \quad (3.10)$$

где  $q_{int}$  – удельные бытовые теплопоступления на 1 м<sup>2</sup> площади жилых помещений и кухонь или расчетной площади общественного здания, Вт/м<sup>2</sup>.

Принимают:

– для жилых зданий: при обеспеченности жильем 20 м<sup>2</sup> общей площади квартир и менее на 1 чел. – 9 Вт/м<sup>2</sup>; то же 45 м<sup>2</sup> общей площади квартир и более на 1 чел. – 3 Вт/м<sup>2</sup>; для других значений обеспеченности жильем – интерполяцией по значениям 3 и 9 Вт/м<sup>2</sup>;

– для общественных и административных зданий – по расчетному количеству людей, находящихся в здании (90 Вт/чел.), от освещения (по установочной мощности) и оргтехники (10 Вт/м<sup>2</sup>) с учетом количества рабочих часов в неделю;

$Z_{ht}$  – продолжительность отопительного периода.

Теплопоступления через светопрозрачные ограждающие конструкции (окна и фонари) в течение отопительного периода  $Q_S$ , МДж, для зданий, ориентированных по четырем сторонам света, определяют по формуле

$$Q_S = \tau_F k_F \cdot (A_{F1}l_1 + A_{F2}l_2 + A_{F3}l_3 + A_{F4}l_4) + \tau_C k_C A_C l_C, \quad (3.11)$$

где  $\tau_F$ ,  $\tau_C$  – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема окон, балконных дверей и зенитных фонарей соответственно непрозрачными элементами их конструкции; принимают по проектным данным, а при отсутствии данных – по таблице В.2;

$k_F$ ,  $k_C$  – коэффициенты относительного пропускания солнечной радиации окон, балконных дверей и зенитных фонарей соответственно; принимают по паспортным данным изделий, а при отсутствии данных – по таблице В.3; при этом мансардные окна с углом наклона к горизонту 45° и более рассчитывают как вертикальные, с углом наклона менее 45° – как зенитные фонари;

$A_{F_i}$ ,  $A_C$  – площадь заполнений световых проемов (окон, балконных дверей, зенитных фонарей) по сторонам света соответственно,  $\text{м}^2$ ;

$l_i$  – суммарная солнечная радиация на горизонтальную и вертикальные поверхности различной ориентации при средних условиях облачности за отопительный период,  $\text{МДж}/\text{м}^2$ ; принимают по таблице В.4.

Расчетный удельный расход энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q_h^{des}$ ,  $\text{МДж}/\text{м}^2$  или  $\text{МДж}/\text{м}^3$  (на 1  $\text{м}^2$  отапливаемой площади или на 1  $\text{м}^3$  отапливаемого объема здания), определяемый с учетом теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания, объемно-планировочных решений, эффективности и метода регулирования используемой системы отопления, должен удовлетворять условию

$$q_h^{des} < q_h^{req}, \quad (3.12)$$

где  $q_h^{req}$  – нормативный удельный расход энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период,  $\text{МДж}/\text{м}^2$  или  $\text{МДж}/\text{м}^3$ .

Базовые значения удельного расхода энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период для жилых, общественных и административных зданий принимают в соответствии с таблицами В.5 и В.6.

Класс жилых и общественных зданий по показателю удельного расхода энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период устанавливают в соответствии с таблицей В.7 при условии обеспечения нормативных показателей микроклимата в эксплуатируемых помещениях зданий.

## **Расчетная часть**

### *Пример расчета энергетического паспорта здания.*

Определение энергетических показателей.

Необходимо выполнить расчет удельного расхода энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период двухсекционного пятиэтажного жилого здания меридиональной ориентации фасадов, расположенного в г. Могилеве, система вентиляции с естественным побуждением, возобновляемые источники энергии отсутствуют и определить класс здания по показателю удельного расхода энергии на отопление и вентиляцию.

Определяем коэффициент  $n$  для перекрытия над подвальным этажом (принимаемые в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху) (таблица 3.1):

$$n = \frac{t_{int} - t_c}{t_{int} - t_{ext}} = \frac{18 - 5}{18 + 30,5} = 0,27.$$

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета

Обозначение показателя	Единица измерения	Значение показателя
1 Расчетная температура внутреннего воздуха	$t_{int}$ , °C	18
2 Температура воздуха технического подполья	$t_c$ , °C	5
3 Расчетная температура наружного воздуха	$t_{ext}$ , °C	-30,5
4 Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{ht}$ , °C	-1,9
5 Продолжительность отопительного периода	$Z_{ht}$	204
6 Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен	$R_W^r$	4,86
7 Площадь наружных стен	$A_w$ , м <sup>2</sup>	901,13
8 Общая площадь окон, в том числе:		
ориентированных на запад	$A_F$ , м <sup>2</sup>	330,23
ориентированных на восток	$A_{F_1}$ , м <sup>2</sup>	9,24
ориентированных на север	$A_{F_2}$ , м <sup>2</sup>	9,24
ориентированных на юг	$A_{F_3}$ , м <sup>2</sup>	142,52
	$A_{F_4}$ , м <sup>2</sup>	169,23
Приведенное сопротивление теплопередаче окон	$R_F^r$ , м <sup>2</sup> ·°C/Вт	1
Площадь покрытия	$A_C$ , м <sup>2</sup>	381,87
Приведенное сопротивление теплопередаче покрытия	$R_C^r$ , м <sup>2</sup> ·°C/Вт	5,94
Площадь цокольного перекрытия	$A_f$ , м <sup>2</sup>	381,87
Приведенное сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия	$R_f^r$ , м <sup>2</sup> ·°C/Вт	2,5
Площадь наружных входных дверей	$A_{ed}$ , м <sup>2</sup>	5,88
Приведенное сопротивление теплопередаче наружных входных дверей	$R_{ed}^r$ , м <sup>2</sup> ·°C/Вт	1,2
Общая площадь наружных поверхностей наружных ограждающих конструкций	$A_e^{sum}$ , м <sup>2</sup>	1619,11
Площадь жилых помещений	$A_l$ , м <sup>2</sup>	999,5
Площадь кухонь	$A_k$ , м <sup>2</sup>	246,5
Отапливаемая площадь	$A_h$ , м <sup>2</sup>	1909,35
Отапливаемый объем	$V_h$ , м <sup>3</sup>	5125,1
Система вентиляции	–	С естественным побуждением
Расчетная высота от центра заполнения светового проема первого этажа до устья вытяжной шахты	$H$ , м	12,07
Возобновляемые источники энергии	–	Отсутствуют

Определяем приведенный коэффициент теплопередачи через наружные ограждающие конструкции здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°C):

$$\begin{aligned}
K_m^{tr} &= \frac{\frac{A_W}{R_W^r} + \frac{A_F}{R_F^r} + \frac{A_{ed}}{R_{ed}^r} + \frac{n_1 A_C}{R_C^r} + \frac{n_2 A_f}{R_f^r} + \frac{n_3 A_{f_1}}{R_{f_1}^r} + \frac{n_i A_{f_i}}{R_{f_i}^r}}{A_e^{sum}} = \\
&= \frac{\frac{901,13}{4,86} + \frac{330,23}{1} + \frac{5,88}{1,2} + \frac{381,87}{5,94} + \frac{0,27 \cdot 381,87}{2,5}}{1619,11} = \frac{626,08}{1619,11} = 0,387 \text{ Вт / (м}^2 \cdot {^\circ}\text{C)}.
\end{aligned}$$

Количество приточного воздуха в здание при естественном воздухообмене для жилых зданий рассчитываем следующим образом:

$$L_V = 3 \cdot A_l = 3 \cdot 999,5 = 2998,5 \text{ м}^2/\text{ч.}$$

Определяем количество инфильтрующегося воздуха в лестничные клетки жилого здания через неплотности заполнений проемов.

Сопротивление воздухопроницанию окон принято равным нормируемому, определяемому по [4]:

$$R_{a,F} = R_{\text{в.норм}} = \frac{1}{G_{\text{норм}}} \cdot \left( \frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{\frac{2}{3}}.$$

Определяем расчетную разность давления наружного и внутреннего воздуха для окон и входных наружных дверей по [4], при этом расчетную высоту  $H$  принимаем с коэффициентом 0,5:

$$\Delta p = 0,5 \cdot H \cdot (\gamma_{ht} - \gamma_{int}) + 0,5 \cdot \rho_{ht} \cdot V^2 (C_H - C_n) \cdot k_i;$$

$$\gamma_{ht} = \frac{3463}{273 - 1,9} = 12,77 \text{ Н / м}^3;$$

$$\gamma_{int} = \frac{3463}{273 + 18} = 11,9 \text{ Н / м}^3;$$

$$\rho_{ht} = \frac{12,77}{9,8} = 1,3 \text{ кг / м}^3.$$

Получаем

$$\begin{aligned}
\Delta p &= 0,5 \cdot 12,07 \cdot (12,77 - 11,9) + 0,5 \cdot 1,3 \cdot 4^2 \cdot (0,8 - (-0,6)) \cdot 0,85 = \\
&= 5,25 + 12,376 = 17,626 \text{ Па},
\end{aligned}$$

где  $\Delta p_0$  – эталонная разность давления воздуха на наружной и внутренней поверхностях светопрозрачных ограждающих конструкций; согласно [4],  $\Delta p_0 = 10 \text{ Па}$ .

Нормативную воздухопроницаемость окон и балконных дверей жилых зданий определяем согласно таблице В.8  $G_{\text{норм.}} = 10 \text{ кг/}(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

Рассчитываем требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и входных наружных дверей:

$$R_{a,F} = R_{\text{в.норм.}} = \frac{1}{10} \cdot \left( \frac{17,626}{10} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,145 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг.}$$

Принимаем  $R_{a,F} = 0,15 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг.}$

Таким образом, количество инфильтрующегося воздуха в лестничные клетки жилого здания через неплотности заполнений проемов (окон и дверей лестничных клеток) составляет, по (3.9),

$$G_{\text{inf}} = \frac{1,4 + 25,312 + 5,88}{0,15} = 217,28 \text{ кг/ч.}$$

Среднюю плотность приточного воздуха за отопительный период определяем по формуле (3.5):

$$\rho_a^{\text{ht}} = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot (18 - 1,9)} = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot 16,1} = 1,256 \text{ кг/м}^3.$$

Коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций, принимаем  $\beta_v = 0,85$ .

Рассчитываем среднюю кратность воздухообмена здания за отопительный период по формуле (3.8):

$$n_a = \frac{2998,5 + \frac{217,28}{1,256}}{0,85 \cdot 5125,098} = \frac{2998,5 + 172,99}{4356,33} = 0,728 \text{ ч}^{-1}.$$

Определяем условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции,  $K_m^{\text{inf}}$  по формуле (3.6):

$$K_m^{\text{inf}} = \frac{0,28 \cdot 1 \cdot 0,728 \cdot 0,85 \cdot 5125,1 \cdot 1,256}{1619,11} = \frac{1115,32}{1619,11} = 0,69 \text{ Вт/}(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Общий приведенный коэффициент теплопередачи здания находим по формуле (3.4):

$$K_m = K_m^{\text{tr}} + K_m^{\text{inf}} = 0,387 + 0,69 = 1,077 \text{ Вт/}(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Бытовые теплопоступления за отопительный период определяем по формуле (3.10):

$$Q_{int} = 0,0864 \cdot q_{int} \cdot Z_{ht} \cdot (A_l + A_k) = 0,0864 \cdot 9 \cdot 204 \cdot (999,5 + 246,5) = 197653,48 \text{ МДж.}$$

Общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период вычисляем по формуле (3.3):

$$Q_h = 0,0864 \cdot 1,077 \cdot 4059,6 \cdot 1619,11 = 611630,37 \text{ МДж.}$$

При этом удельные бытовые теплопоступления  $q_{int}$  составят 9 Вт/м<sup>2</sup> на 1 м<sup>2</sup> жилых помещений и кухонь.

Теплопоступления через светопрозрачные ограждения конструкции в течение отопительного периода определяют по уточненной формуле (3.11) без учета зенитных фонарей.

Согласно таблицам В.2 и В.3 принимаем:

- коэффициент, учитывающий затенение светового проема окон непрозрачными элементами их конструкции,  $\tau_F = 0,8$ ;
- коэффициент относительного пропускания солнечной радиации светопрозрачной конструкции  $k_F = 0,48$ .

Суммарная солнечная радиация на вертикальные поверхности при средних условиях облачности за отопительный период, в соответствии с таблицей В.4, составит  $l_1 = 681 \text{ МДж/м}^2$ ,  $l_2 = 661 \text{ МДж/м}^2$ ,  $l_3 = 882 \text{ МДж/м}^2$ ,  $l_4 = 1077 \text{ МДж/м}^2$ .

Таким образом,

$$\begin{aligned} Q_S &= \tau_F k_F \cdot (A_{F1}l_1 + A_{F2}l_2 + A_{F3}l_3 + A_{F4}l_4) = 0,8 \cdot 0,48 \times \\ &\times (9,24 \cdot 661 + 9,24 \cdot 681 + 142,52 \cdot 882 + 169,23 \cdot 1077) = \\ &= 0,8 \cdot 0,48 \cdot (6107,64 + 6292,44 + 125702,64 + 182260,71) = 123019,56 \text{ МДж.} \end{aligned}$$

Требуемое количество энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период определяем по формуле (3.2). При этом коэффициент, зависящий от способа регулирования подачи теплоты в системах отопления,  $\zeta = 0,95$  (двуихтрубная система отопления с терморегуляторами и центральным автoreгулированием на вводе).

$$\begin{aligned} Q_h^y &= Q_h \cdot \beta_h - (Q_{int} + Q_S) \cdot \nu \cdot \zeta = \\ &= (611630,37 - (197653,48 + 123019,56)) \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 1,13 = 381324,06 \text{ МДж.} \end{aligned}$$

Расчетный удельный расход энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период определяем по формуле (3.1):

$$q_h^{des} = \frac{Q_h^y}{A_h} = \frac{381324,06}{1909,35} = 199,71 \text{ МДж/м}^2.$$

Базовые значения удельного расхода энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период для жилых зданий  $q_h^{req}$  принимаем по таблице В.5:  $q_h^{req} = 238 \text{ МДж/м}^2$ .

Сравниваем расчетный удельный расход энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период с базовым значением удельного расхода энергии:

$$q_h^{des} = 199,71 \text{ МДж/м}^2 < q_h^{req} = 238 \text{ МДж/м}^2.$$

Находим отклонение:

$$\Delta = \frac{199,71 - 238}{238} \cdot 100 \% = -16,1 \%.$$

Отклонение от базового значения, согласно таблице В.7, соответствует диапазону от  $+10 \%$  до  $-17 \%$  включительно. Следовательно, класс здания по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию  $C_h$  – нормальный.

Экономическое стимулирование позволило бы еще более существенно снизить потребность здания в тепловой энергии за счет финансирования мероприятий по модернизации системы отопления.

### ***Контрольные вопросы***

1 Назовите классификацию зданий по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

2 Назовите основные показатели, снижающие теплопотери зданий в процессе их эксплуатации.

## **4 Практическое занятие № 4. Определение трудоемкости работ при реализации энергосберегающих конструктивных решений зданий**

### ***Общие сведения***

Результатом практической работы является подсчет объемов работ по реализации энергосберегающих конструктивных решений и составление калькуляции трудовых затрат. Варианты для ее выполнения принимаются из предыдущих практических занятий и по таблице А.1. Объемы работ определяем по площадям здания. По представленным объемам работ рассчитываем

калькуляцию трудовых затрат согласно нормам затрат труда (НЗТ).

*Составление калькуляции трудовых затрат.*

После определения объема работ рассчитываются затраты труда по формуле

$$Q = \frac{V \cdot N}{8}, \quad (4.1)$$

где  $Q$  – затраты труда, чел.-дн.;

$V$  – объем работ в физических единицах измерения;

$N$  – норма времени на единицу измерения объема работ, чел.-ч;

8 – число часов в рабочей смене.

Таблица 4.1 – Калькуляция трудовых затрат

Обосно- вание	Наименова- ние работ	Еди- ница изме- рения	Объ- ем	Затраты труда		Состав звена		
				на единицу измерения, чел.-ч маш.-ч	на весь объем, чел.-дн. маш.-см.	Профес- сия	Раз- ряд	Коли- чество

**Расчетная часть**

*Пример расчета.*

Рассчитать объемы работ и трудоемкость их выполнения при реализации энергосберегающих конструктивных решений при тепловой реновации наружных стен здания. Для утепления наружных стен зданий применяются различные варианты: легкая штукатурная система «Термошуба» и устройство вентиляционного фасада здания. Основные данные для составления калькуляции для утепления наружных стен с помощью системы вентфасада представлены в таблице Г.1.

Калькуляция затрат труда приведена в таблице 4.2. Расчеты ведутся согласно формуле (4.1).

Таблица 4.2 – Калькуляция затрат труда

Обоснова- ние	Наименование работ	Единица измерения	Объем	Затраты труда		Разряд	Состав звена
				на единицу измерения, чел.-ч	на весь объем, чел. - дн. маш. - см.		
1							
E 20-1-189	Подготовка поверхности стен (очистка стен от загрязнений)	100 м <sup>2</sup>	9,01	2,4	21,624	Штукатур	2
E 8-1-2	Прорешивание стен и установка маяков	100 м <sup>2</sup>	9,01	14,4	129,74	Штукатур	3,4
E 8-1-18	Грунтование поверхности стен валиком	100 м <sup>2</sup>	9,01	5,6	50,46	Штукатур	3
НЗТ № 2	Установка цокольной планки	100 м	0,922	<u>28,4</u> 5	<u>26,19</u> 4,61	Изолировщик	3,4
НЗТ № 1	Приготовление состава «Полимикс-грунт», расход 0,175 кг/м <sup>2</sup>	1 кг сухой смеси	157,69	0,0067	1,06	Штукатур	3
Устройство теплоизоляции минераловатными плитами на стенах							
НЗТ № 4	Устройство теплоизоляции минераловатными плитами на стенах	100 м <sup>2</sup>	9,01	24,6	221,65	Изолировщик	4,5
НЗТ № 5	Приготовление клеящего состава	100 кг	$7,8 \times 9,01 = 0,703$	<u>1,24</u> 0,56	<u>6,79</u> 3,07	Изолировщик	3
НЗТ № 4	Нанесение клеящего состава на плиты утеплителя вручную	100 м <sup>2</sup>	9,01	8,66	78,03	Изолировщик	4
НЗТ № 5	Приготовление клеящего состава из сухой смеси вручную с помощью миксера	100 кг	$7,8 \times 9,01 = 0,703$	1,24	6,79	Изолировщик	3
НЗТ № 4	Приkleивание плит утеплителя в намеченном месте с заделкой швов	100 м <sup>2</sup>	9,01	24,67	222,28	Изолировщик	4,5
Механическое крепление теплоизоляционных плит							
НЗТ № 6	Установка дюбелей в готовое отверстие с закреплением плит	100 шт.	180,2	3	540,6	Изолировщик	3
п. 2							1

## Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
НЗТ № 6	Механическое крепление теплоизоляционных плит дюбелями: сверление отверстий в бетонных стенах и утеплителе	100 шт.	180,2	7,98	1437,99	Изолировщик	3	1
Обработка выступающих углов теплоизоляции								
E 11-67	Провешивание поверхностей выступающих углов теплоизоляции	100 м	0,5368	2,76	1,48	Изолировщик	3,2	2
E 8-1-28	Выравнивание боковой плоскости утеплителя на углах шлифованием и обсыпывание	100 м <sup>2</sup>	$53,68 \times 0,165 = 0,089$	4,56	0,186	Изолировщик	3	1
НЗТ № 5	Приготовление kleящего состава из сухой смеси вручную	100 кг	0,977	1,24	2,208	Изолировщик	3	1
НЗТ № 4	Нанесение kleящего состава сплошным слоем на плиты утеплителя для крепления алюминиевых перфорированных уголков и приkleивания сетки	100 м <sup>2</sup>	$4 \times 0,5 \times 13,42 = 6,71$ $= \frac{100}{0,268} = 0,268$	23,04	2,475	Изолировщик	4	1
НЗТ № 7	Установка алюминиевых перфорированных уголков на выступающие углы с втачиванием	100 м	0,5368	12,72	6,828	Изолировщик	3,4	2
НЗТ № 7	Развертывание рулона, резка, наклеивание полос стеклосетки ССШ-160 с втачиванием	100 м	0,5368	9,6	5,153	Изолировщик	5,4	2
Устройство армирующего слоя								
НЗТ № 5	Приготовление kleящего состава из сухой смеси вручную с помощью миксера	100 кг	0,703	1,24	6,798	Изолировщик	3	1

Продолжение таблицы 4.2

		Устройство дополнительного армирующего слоя							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
НЗТ № 4	Нанесение kleящего состава сплошным слоем на плиты утеплителя для приклейивания сетки	100 м <sup>2</sup>	9,01	28,8	259,488	Изолировщик	4	1	
НЗТ № 4	Развортьивание рулона сетки по стене с втапливанием в kleящий состав и равномерным разглаживанием	100 м <sup>2</sup>	13,875	12,48	266,685	Изолировщик	5,4	2	
НЗТ № 4	Нанесение второго слоя kleящего состава по сетке с выравниванием и затиранием по прямолинейной поверхности	100 м <sup>2</sup>	9,01	36,36	327,6	Изолировщик	4	1	
		Устройство теплоизоляции на прямолинейных откосах							
НЗТ № 5	Приготовление kleящего состава из сухой смеси вручную с помощью миксерса	100 кг	8,099	1,24	10,04	Изолировщик	3	1	
НЗТ № 4	Нанесение kleящего состава сплошным слоем на плиты утеплителя для приклейивания сетки	100 м <sup>2</sup>	1,78	28,8	51,26	Изолировщик	4	1	
НЗТ № 4	Развортьивание рулона сетки по стене с втапливанием в kleящий состав и равномерным разглаживанием	100 м <sup>2</sup>	1,78	12,48	22,21	Изолировщик	5,4	2	
НЗТ № 4	Нанесение второго слоя kleящего состава по сетке с выравниванием и затиранием по прямолинейной поверхности	100 м <sup>2</sup>	1,78	36,36	64,72	Изолировщик	4	1	
		Устройство нарезки плит на полосы по ширине откоса вручную							
E 11-67		100 м теплоизоляции откосов	2,11	2,76	5,82	Изолировщик	3,2	2	
НЗТ № 4	Укладка плит утеплителя наружу на прямолинейных откосах	100 м <sup>2</sup>	0,211	24,6	5,19	Изолировщик	4,5	2	

Окончание таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
НЗТ № 5	Приготовление kleящего состава вручную с помощью миксера	100 кг	4,26	1,24	5,3	Изолировщик	3	1
НЗТ № 8 п. 1	Нанесение kleящего состава на плиты утеплителя вручную	1 м	211	0,017	3,587	Изолировщик	3	1
НЗТ № 8 п. 2	Приклеивание плит утеплителя в намеченном месте с заделкой швов	1 м	211	0,05	10,55	Изолировщик	4,5	2
Устройство армирующего слоя								
НЗТ № 5	Приготовление kleящего состава из сухой смеси вручную с помощью миксера	100 кг	4,26	1,24	5,3	Изолировщик	3	1
НЗТ № 8, п. 3	Нанесение первого слоя kleящего состава сплошным слоем на плиты утеплителя для приклеивания сетки вручную	1 м	211	0,12	25,32	Изолировщик	4	1
НЗТ № 8, п. 4	Развертывание рулона сетки по откосам с втачиванием в kleящий состав и равномерным разглаживанием	1 м	211	0,094	19,83	Изолировщик	5,4	2
НЗТ № 8, п. 5	Нанесение второго слоя kleящего состава по сетке с выравниванием и затиранием по прямолинейной поверхности	1 м	211	0,146	30,81	Изолировщик	4	1
Декоративное оштукатуривание стен								
НЗТ 8-148	Нанесение подготовительного слоя	100 м <sup>2</sup>	9,01	61,7	555,92	Штукатур	3,5	2
НЗТ 8-164	Нанесение отделочного слоя раствором на основе производительностью 1 м <sup>3</sup> /ч	100 м <sup>2</sup>	9,01	4,8	43,25	Машинист	3	1
НЗТ 8-393	Окрашивание фасадов с листом электрокраскопультом	100 м <sup>2</sup>	9,01	0,62	5,59	Маляр	4	1
НЗТ 8-168	Оштукатуривание откосов	100 м <sup>2</sup>	0,0211	305	6,436	Штукатур	3,5	2

## ***Контрольные вопросы***

- 1 Как определяются затраты труда на весь объем?
- 2 Представьте формулу для определения трудоемкости.

## **5 Практическое занятие № 5. Определение продолжительности выполнения работ при реализации энергосберегающих конструктивных решений зданий**

### ***Общие сведения***

Для определения продолжительности выполнения работ осуществляем построение календарного графика производства работ (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Календарный график производства работ

Наименование работ	Еди-ница изме-рения	Объ-ем ра-бот	Норма времени на едини-цу, <u>чел.-дн.</u> маш.-см.	Затраты труда на объем, <u>чел.-дн.</u> маш.-см.	Ко-ли-чество смен	Про-должи-тель-ность работ, дн.	Принятый состав бригады		Рабочий день		
							Наиме-нование профес-сии	Ко-ли-чест-во	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

*Построение календарного графика производства работ.*

Продолжительность выполнения работ определяется путем деления трудозатрат на количество рабочих, занятых на их выполнение в сутки:

$$T = \frac{Q}{S \cdot n \cdot k}, \quad (5.1)$$

где  $Q$  – затраты труда, чел.-дн.;

$S$  – количество рабочих в смену;

$n$  – число смен в сутки;

$k$  – коэффициент перевыполнения норм выработки,  $k = 1,0 \dots 1,3$ .

### ***Расчетная часть***

По результатам расчетов с учетом технологической последовательности выполняемых работ и максимально возможной их совмещенности строят календарный график производства легкой штукатурной системы утепления стен при выполнении тепловой реновации фасада здания (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Календарный график производства работ

## Продолжение таблицы 5.2

## ***Контрольные вопросы***

1 Расскажите основные принципы построения календарного графика производства работ.

2 Как определяется продолжительность выполнения работ?

## **Список литературы**

1 Тепловая защита жилых и общественных зданий. Энергетические показатели : СП 2.04.02-2020. – Мин. : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2020. – 33 с.

2 Тепловая изоляция зданий и сооружений : СП 3.02.01-2020. – Мин. : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2020. – 44 с.

3 Здания и сооружения. Энергетическая эффективность : СН 2.04.02-2020. – Мин. : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 29 с.

4 Строительная теплотехника : СП 2.04.01-2020. – Мин. : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2020. – 76 с.

5 Теплотехническое обследование зданий с применением методов инструментального контроля : СП 1.04.05-2025. – Мин. : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2025. – 44 с.

## Приложение А (рекомендуемое)

### Варианты заданий для индивидуальной работы студентов на практических занятиях

Таблица А.1 – Варианты заданий для индивидуальной работы студентов на практических занятиях

Составить энергетический паспорт здания и определить мероприятия по повышению энергетической эффективности с определением трудозатрат и продолжительности выполнения предложенного варианта повышения энергетической эффективности	
Номер варианта	Условие задачи
1	2
1	Здание принимается по рисунку А.1. Характеристики здания следующие: стены – ячеистобетонные панели толщиной 300 мм; высота этажа – 2,7 м. Пол на первом этаже по грунту с утеплителем из пенополистирольных плит толщиной 50 мм с $\rho = 50$ кг/м <sup>3</sup> , с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,042$ Вт/(м·°C). Пол по бетонной подготовке с покрытием из керамической плитки и линолеума. Конструкция покрытия состоит из цементно-песчаной стяжки, плит древесноволокнистых толщиной 50 мм с $\rho = 160$ кг/м <sup>3</sup> , с $\lambda = 0,0417$ Вт/(м·°C), разуклонки из легкого бетона, 2-слойного рулонного ковра
2	Здание принимается согласно рисунку А.2 Характеристики здания следующие: стены – ячеистобетонные панели толщиной 300 мм, Высота этажа – 3,3 м Конструкция покрытия состоит из цементно-песчаной стяжки, плит древесноволокнистых толщиной 60 мм с $\rho = 200$ кг/м <sup>3</sup> , с $\lambda = 0,0449$ Вт/(м·°C), разуклонки из легкого бетона, 2-слойного рулонного ковра. Пол на первом этаже над подвалом с утеплителем между лагами из льнокостричных изоляционных плит. По лагам – дощатый пол с покрытием древесноволокнистыми плитами
3	Здание принимается согласно рисунку А.1. Характеристики здания следующие: стены – кирпичная кладка без утепления толщиной 510 мм из силикатного кирпича; высота этажа – 3,0. Пол на первом этаже по грунту с утеплителем из пенобетона толщиной 50 мм с $\rho = 900$ кг/м <sup>3</sup> , с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,25$ Вт/(м·°C). Пол по бетонной подготовке толщиной 100 мм с покрытием из керамической плитки и паркета. Конструкция покрытия состоит из цементно-песчаной стяжки, керамзитобетона толщиной 70 мм с $\rho = 800$ кг/м <sup>3</sup> , с $\lambda = 0,209$ Вт/(м·°C), разуклонки из керамзитового гравия, 2-слойного рулонного ковра
4	Здание принимается согласно рисунку А.2. Характеристики здания следующие: стены – кирпичная кладка без утепления толщиной 510 мм из керамического кирпича; высота этажа – 3,0 м. Пол на первом этаже над подвалом без утеплителя дощатый по лагам с воздушным зазором, в санузлах по бетонной подготовке с покрытием из керамической плитки. Конструкция покрытия состоит из цементно-песчаной стяжки, пенобетона толщиной 60 мм с $\rho = 700$ кг/м <sup>3</sup> , с $\lambda = 0,18$ Вт/(м·°C), разуклонки из керамзитового гравия, 2-слойного рулонного ковра

### Окончание таблицы А.1

1	2
5	Здание принимается согласно рисунку А.2. Характеристики здания следующие: стены – газосиликатные блоки с оштукатуриванием; высота этажа – 2,7 м. Пол на первом этаже над подвалом с утеплителем из пеносиликата толщиной 40 мм с $\rho = 700$ кг/м <sup>3</sup> , пол по стяжке с покрытием из керамической плитки и линолеума. Конструкция покрытия состоит из цементно-песчаной стяжки, газобетона толщиной 50 мм с $\rho = 600$ кг/м <sup>3</sup> , с $\lambda = 0,14$ Вт/(м·°С)

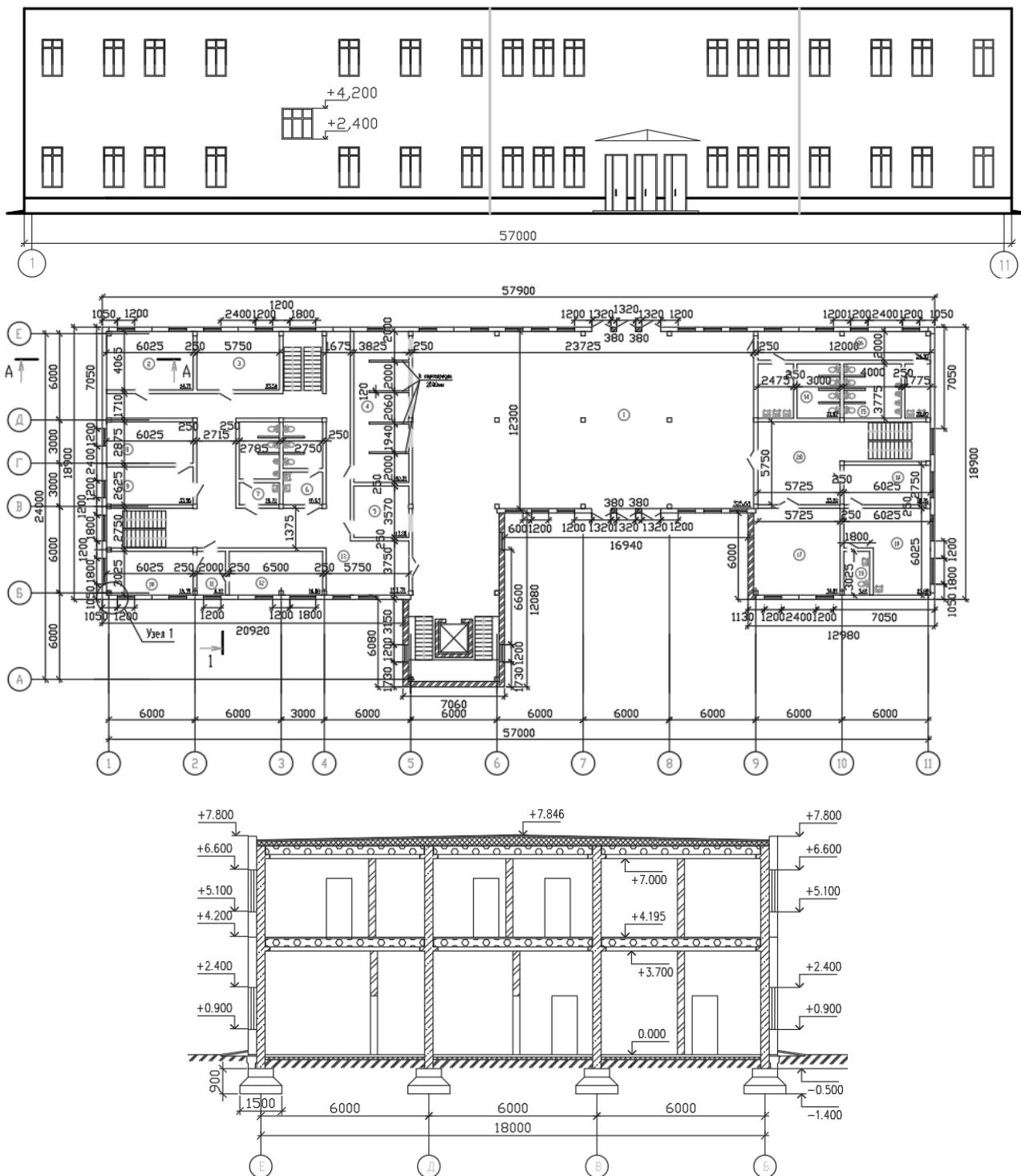
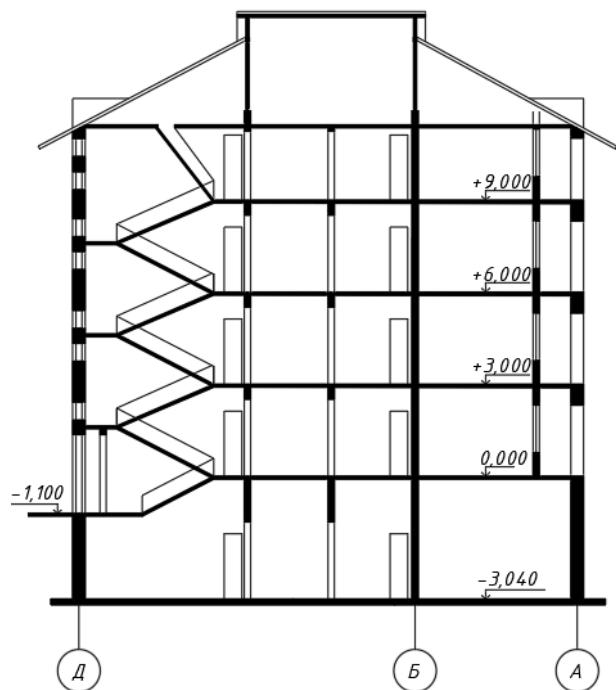
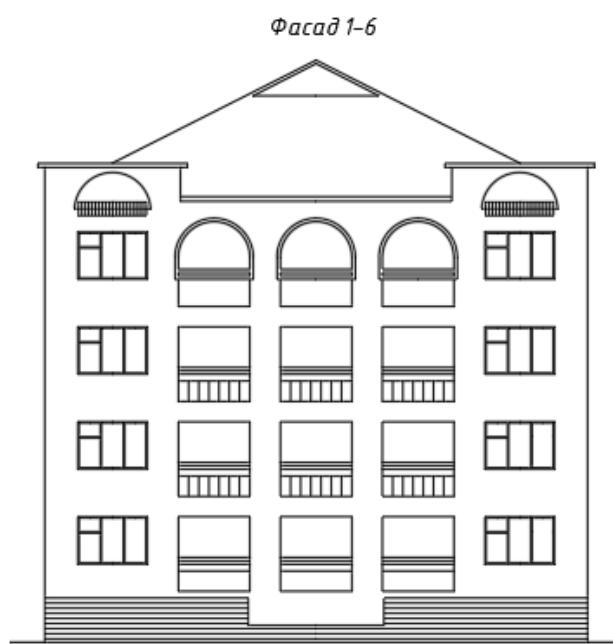


Рисунок А.1 – Фасад, план и разрез здания

## Разрез 1-1



## План типового этажа

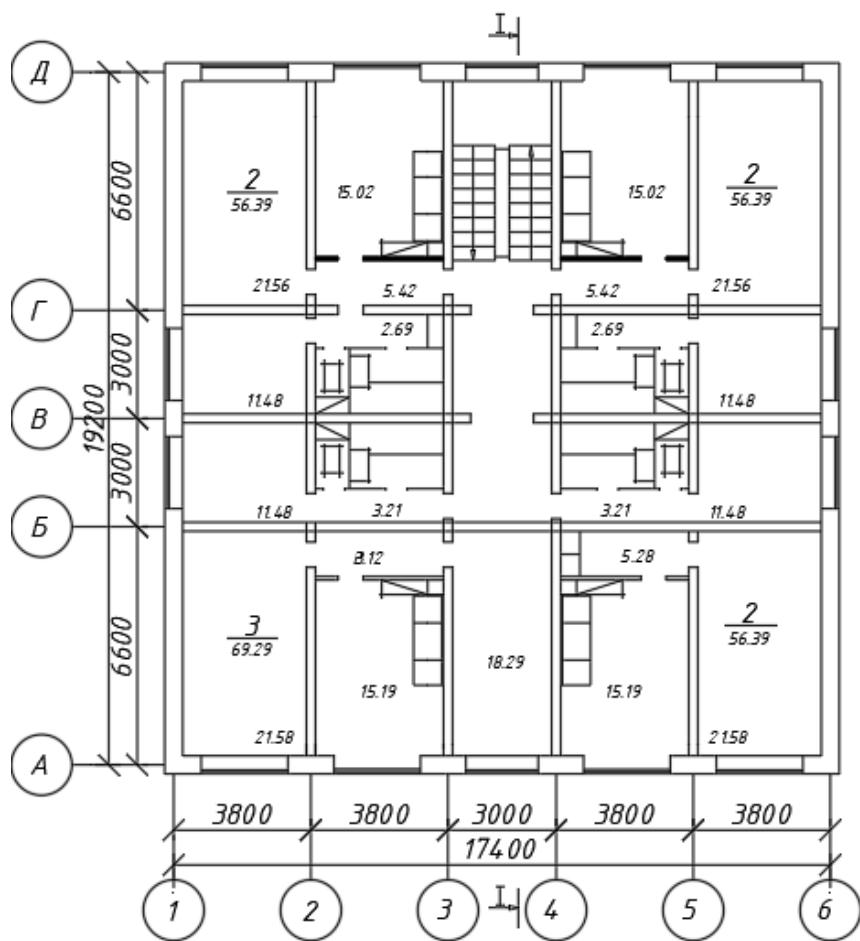


Рисунок А.2 – Фасад, план и разрез здания

## Приложение Б (рекомендуемое)

Таблица Б.1 – Коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху,  $n$

Ограждающая конструкция	Коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, $n$
1 Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом); чердачные перекрытия с кровлей из штучных материалов и перекрытия над проездами	1
2 Перекрытия над холодными подвалами (подпольями), сообщающимися с наружным воздухом; чердачные перекрытия с кровлей из рулонных материалов	0,9
3 Перекрытия над неотапливаемыми подвалами (техническими подпольями) со световыми проемами в стенах	0,75
4 Перекрытия над неотапливаемыми подвалами (техническими подпольями) без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5 Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенные ниже уровня земли	0,4

Таблица Б.2 – Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности  $\alpha_B$

Ограждающая конструкция	Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности $\alpha_B$ , Вт/(м <sup>2</sup> °C)
1 Стены, полы, гладкие потолки, потолки с выступающими ребрами при отношении $h / a < 0,3$	8,7
2 Потолки с выступающими ребрами при отношении $h / a > 0,3$	7,6
<i>Примечание</i> – $h$ – высота ребер; $a$ – расстояние между гранями соседних ребер	

Таблица Б.3 – Расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности  $\Delta t_B$ , °C

Здание и помещение	Расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности $\Delta t_B$ , °C		
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами и подвалами
1	2	3	4
1 Здания диспансеров и амбулаторно-поликлинических учреждений; учебные здания общеобразовательных школ	6	4,5	2,5

## Окончание таблицы Б.3

1	2	3	4
2 Здания жилые, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов; спальные корпуса общеобразовательных детских школ; здания детских садов, яслей, ясли-садов (комбинатов), детских домов и детских приемников-распределителей	6	4	2
3 Общественные здания, кроме указанных в поз. 1 и 2; вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	7	5,5	2,5
4 Производственные здания с нормальным режимом	$t_B - t_P$ , но не более 8	$0,8 \cdot (t_B - t_P)$ , но не более 7	2,5

Таблица Б.4 – Нормативные значения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий

Ограждающая конструкция	Нормативное приведенное сопротивление теплопередаче $R_{m, норм}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$
1 Жилые и общественные здания, бытовые и административные здания производственных предприятий	
А Строительство, реконструкция, модернизация	
Наружные стены зданий	3,2
Совмещенные покрытия, чердачные перекрытия и перекрытия над проездами	6,0
Перекрытия над техническими подпольями, неотапливаемыми подвальными и цокольными этажами, ограждающие конструкции технических подполий, перекрытия встроенных и встроенно-пристроенных тамбуров	По расчету, исходя из условия обеспечения перепада между температурой пола и температурой воздуха помещений первого этажа не более 0,8 °C и отсутствия конденсата на внутренних поверхностях ограждающих конструкций
Перекрытия между теплым чердаком и помещениями последнего этажа, ограждающие конструкции теплых чердаков	По расчету, исходя из условия обеспечения перепада между температурой потолка и температурой воздуха помещений последнего этажа не более 0,8 °C и отсутствия конденсата на внутренних поверхностях ограждающих конструкций
Заполнения световых проемов	1,0
Б Ремонт и реставрация	
Ограждающие конструкции зданий, построенных в соответствии с требованиями строительных норм по строительной теплотехнике, действовавших с 1993 г.:	
наружные стены крупнопанельных, каркасно-панельных и объемно-блочных зданий	2,5
наружные стены монолитных зданий	2,2

## Окончание таблицы Б.4

1	2
наружные стены из штучных материалов (кирпич, шлакоблоки и т. п.)	2,0
совмещенные покрытия, чердачные перекрытия (кроме теплых чердаков) и перекрытия над проездами	3,0
покрытия теплых чердаков	По расчету, исходя из условия обеспечения перепада между температурой потолка и температурой воздуха помещения последнего этажа не более 2 °C
перекрытия над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями	По расчету, исходя из условия обеспечения перепада между температурой пола и температурой воздуха помещения первого этажа не более 2 °C
заполнения световых проемов	0,6
Ограждающие конструкции зданий, построенных в соответствии с требованиями строительных норм по строительной теплотехнике, действовавших до 1993 г.: наружные ограждающие конструкции (за исключением заполнений световых проемов)	Не ниже минимального, рассчитываемого по СП 2.04.01
заполнения световых проемов	0,6
Ограждающие конструкции зданий, построенных в соответствии с требованиями строительных норм по строительной теплотехнике, действовавших до 1993 г.: наружные ограждающие конструкции (за исключением заполнений световых проемов)	Не ниже минимального, рассчитываемого по СП 2.04.01
заполнения световых проемов	0,6
<i>Примечания</i>	
1 Полы по грунту в помещениях с нормируемой температурой внутреннего воздуха, расположенные ниже отмостки здания не более чем на 0,5 м или расположенные выше ее, должны быть утеплены в зоне примыкания пола к наружным стенам путем укладки по грунту слоя утеплителя шириной 0,8 м и толщиной, определяемой из условия обеспечения термического сопротивления этого слоя не менее термического сопротивления наружной стены.	
2 При проектировании капитального ремонта жилых зданий замена заполнений световых проемов с сопротивлением теплопередаче менее установленного нормативного значения предусматривается в соответствии с заданием на проектирование.	
3 Температуру воздуха в неотапливаемом подвальном этаже, техническом подполье (далее – техподполье) и в теплом чердаке следует определять на основании расчета теплового баланса по [4]. При этом температура воздуха в техподполье зданий при расчетных условиях должна быть не ниже 5 °C. Для жилых зданий с поквартирной установкой отопительных котлов, а также использующих электрическую энергию на цели поквартирного отопления, температура воздуха в техподполье допускается ниже 5 °C. При этом, если температура воздуха в техподполье при расчетных условиях ниже 2 °C, следует предусмотреть мероприятия по обеспечению требуемой температуры эксплуатации инженерных систем и предупреждению отрицательных последствий замораживания основания	

Таблица Б.5 – Коэффициенты для определения нормативных сопротивлений

Тип конструкции стен	Повышающий коэффициент
1 Утепленные снаружи с теплоизоляционным слоем по основанию из:	
железобетона	1,90
полнотелого кирпича, пустотелого кирпича	1,84
ячеистобетонных и керамзитобетонных блоков	1,90
2 Однослойные из кладочных изделий:	
ячеистобетонных блоков	1,40
керамзитобетонных блоков	1,25
керамических поризованных пустотелых блоков	1,28

Таблица Б.6 – Тепловая инерция ограждающей конструкции

Тепловая инерция ограждающей конструкции $D$	Расчетная температура наружного воздуха $t_H$ холодного периода года, °C
1 До 1,5 включ.	Средняя температура наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98
2 Св. 1,5 “ 4,0 “	То же обеспеченностью 0,92
3 “ 4,0 “ 7,0 “	Средняя температура наиболее холодных трех суток
4 “ 7,0	Средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92

*Примечание* – Расчетную температуру наружного воздуха при проектировании ограждающих конструкций зданий для переработки сельскохозяйственной продукции, эксплуатируемых только осенью и (или) весной (на сезонных предприятиях), принимают в соответствии с ТКП 45-3.02-143. Среднюю температуру наиболее холодных трех суток определяют как среднее арифметическое значений температуры наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92

Таблица Б.7 – Коэффициенты теплоотдачи поверхностей

Ограждающая конструкция	Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности $\alpha_H$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)
Наружные стены, покрытия, перекрытия над проездами	23
Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом	17
Перекрытия чердачные и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружные стены с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

## Приложение В (рекомендуемое)

Таблица В.1 – Коэффициент, зависящий от способа регулирования подачи теплоты в системах отопления

Система отопления и способ регулирования	Значение $\zeta$
1 Однотрубная система отопления с терморегуляторами и пофасадным авторегулированием на вводе или система поквартирного отопления одно - трубная или двухтрубная с горизонтальной разводкой	1
2 Двухтрубная система отопления с терморегуляторами и центральным авторегулированием на вводе	0,95
3 Однотрубная система отопления с терморегуляторами и центральным авторегулированием на вводе или однотрубная система отопления без терморегуляторов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также двухтрубная система отопления с терморегуляторами и без авторегулирования на вводе	0,9
4 Однотрубная система отопления с терморегуляторами и без авторегулирования на вводе	0,85
5 Система отопления без терморегуляторов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха	0,7
6 Система отопления без терморегуляторов и авторегулирования на вводе – центральное регулирование в центральном тепловом пункте или котельной	0,5
7 Водяное отопление без регулирования	0,2
<i>Примечания</i>	
1 Приведенные значения применимы к водяным системам отопления независимо от источника энергии на нагрев.	
2 Для систем электрического отопления с прямым нагревом воздуха (электро-конвекторов, инфракрасных обогревателей, напольного электрического отопления и т. д.) с терморегуляторами принимают $\zeta = 1,00$	

Таблица В.2 – Значения коэффициентов  $\tau_F$ ,  $\tau_C$ , учитывающих затенение светового проема соответственно окон, балконных дверей и зенитных фонарей непрозрачными элементами их конструкции

Тип переплета	Значение $\tau_F$ и $\tau_C$
Одинарный	0,8
Спаренный	0,7
Раздельный	0,6
Раздельно-спаренный	0,5

Таблица В.3 – Значения коэффициентов относительного пропускания солнечной радиации окон и балконных дверей  $k_F$  и зенитных фонарей  $k_C$

Количество рядов остекления (в том числе в стеклопакетах)	Значение $k_F$ и $k_C$ остекления		
	из обычного стекла	с низкоэмиссионным покрытием	
		твёрдым	мягким
Два	0,76	0,75	0,54
Три	0,74	0,68	0,48
Четыре	0,54	–	–

Таблица В.4 – Суммарная солнечная радиация на горизонтальную и вертикальные поверхности различной ориентации при средних условиях облачности за отопительный период

Ориентация поверхности	Значение, МДж/м <sup>2</sup> , за отопительный период, сут, по областным центрам					
	Витебск	Минск	Гродно	Могилев	Брест	Гомель
Горизонтальная	820	873	855	882	837	873
С	437	461	454	465	453	468
СВ	469	495	487	499	482	497
В	626	655	644	661	622	644
ЮВ	875	911	893	920	851	885
Ю	1024	1066	1045	1077	1001	1042
ЮЗ	899	938	920	947	885	920
З	638	675	663	681	645	668
СЗ	473	499	491	503	485	500

Таблица В.5 – Базовые значения удельного расхода энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период для жилых зданий

Тип здания	Базовое значение $q_h^{req}$ , кВт · ч/м <sup>2</sup> (МДж/ м <sup>2</sup> )
Многоквартирные жилые дома этажностью:	
1–3	112 (403)
4–6	66 (238)
7 и более	60 (216)
Одноквартирные и блокированные жилые здания с отапливаемой площадью $A_h$ , м <sup>2</sup>	
1-этажные:	
от 50 до 90 включ.	159 (572)
от 100 до 149 включ.	140 (504)
от 150 до 199 включ.	132 (475)
от 200 до 249 включ.	125 (450)
св. 250	122 (439)
2-этажные:	
от 100 до 149 включ.	129 (464)
2–3 этажные:	
от 150 до 199 включ.	120 (432)
от 200 до 249 включ.	112 (403)
св. 250	107 (385)

Таблица В.6 – Базовые значения удельного расхода энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период для общественных зданий

Тип здания	Базовое значение $q_h^{req}$ , кВт · ч/м <sup>3</sup> (МДж/ м <sup>3</sup> )
1	2
Здания общеобразовательных учреждений этажностью:	
2	41 (148)
3–4	34 (122)
Здания дошкольных учреждений этажностью:	
2	47 (169)
3	39 (140)

## Окончание таблицы В.6

1	2
Здания учреждений здравоохранения этажностью:	
7	35 (126)
Здания научно -исследовательских учреждений, проектных, общественных организаций и управления этажностью:	
5	36 (130)

Таблица В.7 – Классы жилых и общественных зданий по показателю удельного расхода энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период

Обозначение класса	Наименование класса	Отклонение значений общего показателя $q_h^{des}$ от базовых значений, %
$A_h +$	Очень высокий	Св. -60
$A_h$		От -46 до -60 включ.
$B_h$	Высокий	От -18 до -45 включ.
$C_h$	Нормальный	От +10 до -17 включ.
$D_h$	Пониженный	От +10 до +37 включ.
$E_h$	Низкий	От +38 до +70 включ.
$F_h$	Очень низкий	От +71 до +100 включ.
$G_h$	Чрезвычайно низкий	Св. 100

Таблица В.8 – Нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций

Ограждающая конструкция	Нормативная воздухопроницаемость $G_{норм}$ , кг/(м <sup>2</sup> ·ч)
Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных зданий, а также административных и бытовых зданий и помещений промышленных предприятий	0,5
Наружные стены, перекрытия и покрытия производственных зданий	1
Входные двери в квартиры	1,5
Окна и балконные двери жилых и общественных зданий, а также административных и бытовых зданий и помещений промышленных предприятий; окна производственных зданий с кондиционированием воздуха; двери и ворота производственных зданий	10
Зенитные фонари производственных зданий, окна производственных зданий с избытками явной теплоты не более 23 Вт/м <sup>3</sup>	15
Окна производственных зданий с избытками явной теплоты более 23 Вт/м <sup>3</sup>	30
<i>Примечание</i> – Воздухопроницаемость стыков панелей наружных стен жилых, общественных и производственных зданий должна быть не более 0,5 кг/(м·ч)	

## Приложение Г (рекомендуемое)

Таблица Г.1 – Калькуляция затрат труда

45

Обоснование	Наименование работ	Единица измерения	Объем	Норма времени на ед. изм., чел.-ч маш.-ч	Состав звена			Затраты труда на объем, чел.-ч
					Профессия	Разряд	Количество	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
НЗГ, шифр 6-40	Установка и разборка инвентарных лесов наружных высотой до 16 м трубчатых для прочих отделочных работ	1 м <sup>2</sup>	1	0,40 –	Монтажник	5 4	1 1	0,40 –
НЗГ, шифр 6-47	Разметка точек для кронштейнов	100 отв.	1	6,54 1,06	Монтажник	5 4	1 1	6,54 1,06
НЗГ, шифр 6-13	Высверливание отверстий	100 отв.	1	18,99 2,9	Монтажник	5 4	1 1	18,99 2,9
НЗГ, шифр 6-22	Крепление кронштейнов	100 шт.	1	34,64 0,99	Монтажник	5 4	1 1	34,64 0,99
НЗГ, шифр 6-25	Устройство теплоизоляции	100 м <sup>2</sup>	1	40,9 7,68	Монтажник	5 4	1 1	40,9 7,68
НЗГ, шифр 6-27	Регулировка кронштейнов	100 отв.	1	12,43 2,32	Монтажник	5 4	1 1	12,43 2,32

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
НЗТ, шифр 6-30	Крепление направляющих	100 м. п.	1	<u>47,09</u> 1,12	Монтажник	5	1	<u>47,09</u> 1,12
НЗТ, шифр 6-32	Монтаж линеарных панелей	100 м <sup>2</sup>	1	<u>49,85</u> 7,58	Монтажник	5	1	<u>49,85</u> 7,58
НЗТ, шифр 6-34	Монтаж угловых, стыковочных элементов, отливов, карнизов	100 м. п.	1	<u>73,24</u> 4,5	Монтажник	5	1	<u>73,24</u> 4,5
НЗТ, т. А4	Укладка ветровлагозащищающей пленки	100 м <sup>2</sup>	1	<u>5,8</u>	Монтажник	4	1	<u>5,8</u>
НЗТ, т. А10	Установка цокольного слива	100 м. п.	1	<u>24,05</u> 1,25	Монтажник	5	1	<u>24,05</u> 1,25
НЗТ, т. А11	Установка начальной планки для монтажа фасадных панелей	100 м. п.	1	<u>24,43</u> 1,3	Монтажник	5	1	<u>24,43</u> 1,3
НЗТ, т. А2	Монтаж и крепление кронштейнов к стене фасада для установки начальной планки при монтаже фасадных панелей	100 шт.	1	<u>10,0</u> 0,4	Монтажник	5	1	<u>10,0</u> 0,4
НЗТ, т. А3	Монтаж плит утеплителя	100 м <sup>2</sup>	1	<u>23,4</u>	Монтажник	3	1	<u>23,4</u>
Крепление плит утеплителя к бетонной стене								
НЗТ, т. А5, п. 1	Сверление отверстий в бетонной стене для крепления плит утеплителя	100 отв.	8	<u>5,0</u> 5,0	Монтажник	3	1	<u>40,0</u> 40,0
НЗТ, т. А5, п. 2	Установка дюбелей в готовое отверстие с закреплением	100 шт.	8	<u>3,1</u>	Монтажник	3	1	<u>24,1</u>
Крепление плит утеплителя к кирпичной стене								
НЗТ, т. А6, п. 1	Сверление отверстий в кирпичной стене для крепления плит утеплителя	100 отв.	8	<u>3,0</u> 3,0	Монтажник	3	1	<u>24,0</u> 24,0

Окончание таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
НЗТ, т. А6, п. 2	Установка дюбелей в готовое отверстие с закреплением	100 шт.	8	2,9	Монтажник	3	1	23,2
Крепление плит утеплителя к стене из газосиликатных блоков								
НЗТ, т. А7, п. 1	Сверление отверстий в газосиликатной стене для крепления плит утеплителя	100 отв.	8	<u>1,8</u> 1,8	Монтажник	3	1	<u>14,4</u> 14,4
НЗТ, т. А7, п. 2	Установка дюбелей в готовое отверстие с закреплением	100 шт.	8	2,7	Монтажник	3	1	21,6
НЗТ, т. А11	Монтаж угловых элементов, вертикальных и горизонтальных откосов, оконного отлива и архитектурного выступа	100 п. м	1	<u>60,18</u> 3,5	Монтажник	5	1	<u>60,18</u> 3,5
НЗТ, т. А1	Разбивка на промежуточные точки по захваткам, разметка точек под выполнение отверстий для крепителей кронштейнов к стене	100 отв.	1	<u>22,0</u> 0,18	Монтажник	5	1	<u>22,0</u> 0,18
НЗТ, т. А8	Монтаж и крепление профилей КПГ , ориентированных горизонтально к кронштейну	100 шт.	1	<u>36,11</u> 0,97	Монтажник	5	1	<u>36,11</u> 0,97
НЗТ, т. А9	Монтаж и крепление профилей КПГ , ориентированных вертикально к кронштейну	100 шт.	1	<u>22,96</u> 0,55	Монтажник	5	1	<u>22,96</u> 0,55