

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра архитектурных конструкций

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсовой работы

“ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЗДАНИЯ”

для студентов специальности 69 01 01 «Архитектура»

Брест 2009

УДК 721.05

Методические указания содержат нормативные и справочные материалы, необходимые для выполнения теплотехнического расчета, а также расчета по воздухо- и паро- проницаемости различных конструкций здания.

Методические указания предназначены для специальности 69 01 01 «Архитектура», при выполнении курсовой работы и изучению дисциплины «Архитектурная физика», а также для студентов других специальностей при выполнении дипломных проектов.

Составители: Н.Н. Русак, к.т.н., доцент,
Н.В. Замойская, старший преподаватель,
А.И. Давыдюк, м.т.н. ассистент.

Рецензент: зам. директора республиканского унитарного научно-исследовательского и опытно-конструкторского предприятия «Научно-технический центр»
Держач В.Н.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	4
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	5
3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.....	6
3.1. РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ УТЕПЛИТЕЛЯ НАРУЖНЫХ СТЕН	7
3.2. РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ УТЕПЛИТЕЛЯ КРОВЛИ.....	9
3.3. РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ УТЕПЛИТЕЛЯ ПОЛА ПЕРВОГО ЭТАЖА.	11
4. РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЮ.....	14
4.1. РАСЧЕТ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЯ НАРУЖНЫХ СТЕН.	15
5. РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАНИЮ.....	17
5.1. РАСЧЕТ СТЕНЫ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАНИЮ.	18
5.2. РАСЧЕТ КРОВЛИ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАНИЮ.	20
5.3. РАСЧЕТ ПОЛА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАНИЮ.....	23
6. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ОГРАЖДЕНИИ	25
6.1. НАРУЖНЫЕ СТЕНЫ.....	25
6.2. КРОВЛЯ.....	27
6.3. ПОЛ ПЕРВОГО ЭТАЖА.....	29
7. РАСЧЕТ НЕОДНОРОДНОГО ОГРАЖДЕНИЯ	32
7.1. ПРИМЕР РАСЧЕТА НЕОДНОРОДНОГО ОГРАЖДЕНИЯ	33
ЛИТЕРАТУРА.....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ. 1. КОЭФФИЦИЕНТ, УЧИТЫВАЮЩИЙ ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ ДАВЛЕНИЯ ВЕТРА	41
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ	42
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	43

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящие методические указания разработаны для того, чтобы помочь студентам при выполнении курсовой работы по дисциплине «Архитектурная физика» на тему «Теплофизический расчет здания». Курсовая работа предусматривает теплотехнический расчет, а также расчет на паро- и воздухопроницание ограждающих конструкций. Методические указания содержат необходимые теоретические сведения и примеры этих расчетов.

Основным нормативным документом, которым следует руководствоваться при выполнении данной работы, является ТКП 45-2.04-43-2006 "Строительная теплотехника".

Наружные конструктивные элементы здания часто выполняют как ограждающую, так и несущую функции. Поэтому к ним предъявляется множество нередко противоречащих друг другу требований. Во-первых, их конструкция должна обеспечивать прочность, жесткость, устойчивость и долговечность, как самих элементов, так и здания в целом. Во-вторых, наружное ограждение создает внешний облик здания, поэтому должно обладать высокими эстетическими качествами. В-третьих, необходимо стремиться к снижению массы конструктивных элементов, что позволит избежать дополнительных затрат, связанных с их возведением. И наконец, должны соблюдаться теплотехнические требования и требования, предъявляемые к паро- и воздухопроницанию ограждения. Это не менее важно, так как позволяет обеспечить приемлемый микроклимат внутри помещений, от которого напрямую зависит здоровье людей.

Для того, чтобы предусмотреть выполнение всех этих требований наружные ограждающие конструкции проектируют, как правило, многослойными, разделяя различные функции между слоями. Чтобы рационально подобрать последовательность различных слоев ограждающих конструкций, необходимо материалы с более высокими коэффициентами теплопроводности и теплоусвоения и более низким коэффициентом паропроницаемости располагать в конструкции со стороны помещения, материалы с более низкими коэффициентами теплопроводности и теплоусвоения и более высоким коэффициентом паропроницаемости – с наружной стороны. Такой подход обеспечивает более высокую температуру внутренней поверхности в местах теплопроводных включений и узлах сопряжения ограждающих конструкций (стен между собой, стен и перекрытий и др.), повышает теплоустойчивость помещений при колебаниях температуры наружного воздуха и теплоотдачи отопительных приборов в системах отопления периодического действия, а также улучшает влажностный режим материалов в конструкции.

Наружный слой должен отвечать требованиям действующих нормативных документов по огнестойкости и морозостойкости, а также обладать высокой долговечностью и эстетичностью. При выполнении данного слоя ограждающей конструкции из материала с более высоким коэффициентом теплопроводности и более низким коэффициентом паропроницаемости, чем у материала внутреннего слоя конструкции, целесообразно предусматривать между ним и остальными слоями устройство воздушной прослойки, вентилируемой наружным воздухом.

Рациональное проектирование ограждающих конструкций здания является одной из наиболее актуальных проблем в Республики Беларусь на сегодняшний день, так как с ней связаны расходы на топливно-энергетические ресурсы. Изучение будущими специалистами данной дисциплины и понимание ими теплофизических законов поможет решить эту проблему в дальнейшем.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа состоит из следующих разделов:

1. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций.
2. Расчет ограждающих конструкций на сопротивление воздухопроницанию.
3. Расчет ограждающих конструкций на сопротивление паропроницанию.
4. Построение графиков распределения температуры в ограждениях.
5. Расчет неоднородного ограждения.

При выполнении каждого задания в курсовой работе необходимо привести следующие данные:

- теоретическое обоснование выполняемого задания;
- исходные данные и расчетные формулы;
- последовательность расчетов;
- выводы, основанные на анализе полученных результатов.

3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Термическое сопротивление однородной ограждающей конструкции, а также слоя многослойной конструкции R_k , $\text{м}^2\text{°C/Вт}$, следует определять по формуле:

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (1)$$

δ – толщина слоя, м.

λ – коэффициент теплопроводности материала однослойной или теплоизоляционного слоя многослойной ограждающей конструкции в условиях эксплуатации, принимаемый по таблице А [1] в зависимости от условий эксплуатации А или Б см. табл.4.2 [1], $\text{Вт/(м}^2\text{°C)}$

Термическое сопротивление многослойной ограждающей конструкции с последовательно расположенными однородными слоями R_k , $\text{м}^2\text{°C/Вт}$, следует определять по формуле:

$$R_k = \sum_{i=1}^n R_i, \quad (2)$$

R_i – термические сопротивления i -го слоев конструкции, $\text{м}^2\text{°C/Вт}$, определяемые по формуле (1), и замкнутых воздушных прослоек, принимаемые по таблице Б.1. [1];

n – количество слоёв.

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_{tr} , $\text{м}^2\text{°C/Вт}$, следует определять по формуле:

$$R_{tr} = \frac{1}{\alpha_n} + R_k + \frac{1}{\alpha_e}, \quad (3)$$

R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2\text{°C/Вт}$, определяемое по формуле (2);

α_n – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт/(м}^2\text{°C)}$, принимаемый по таблице 5.4 [1];

α_e – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт/(м}^2\text{°C)}$, принимаемый по таблице 5.7 [1].

Сопротивление теплопередаче конструкции должно быть не менее нормативного, определяемого по таблице 5.1. Если в данной таблице содержатся указания, что нормативное сопротивление необходимо определять по расчету, то требуется воспользоваться формулой:

$$R_{tr, \text{норм}} = \frac{n \cdot (t_n - t_e)}{\alpha_n \cdot \Delta t_n}, \quad (4)$$

t_n – расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая по таблице 4.1 [1], °C ;

t_e – расчетная зимняя температура наружного воздуха, °C , принимаемая по таблице 4.3 [1] с учетом тепловой инерции ограждающих конструкций D (табл.5.2.[1]);

n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, принимаемый по таблице 5.3 [1];

α_n – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт/(м}^2\text{°C)}$, принимаемый по таблице 5.4 [1];

Δt_n – расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °C .

Тепловую инерцию ограждающей конструкции следует определять по формуле:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot S_i, \quad (5)$$

R_i - термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{м}^2\text{°C/Вт}$, определяемые по формуле (1);

S_i - расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции в условиях эксплуатации, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$, принимаемые по приложению А [1] с учетом режима эксплуатации, определенного по табл.4.2 [1]

Расчетный коэффициент теплоусвоения воздушных прослоек принимается равным нулю. Слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, не учитываются.

3.1. РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ УТЕПЛИТЕЛЯ НАРУЖНЫХ СТЕН

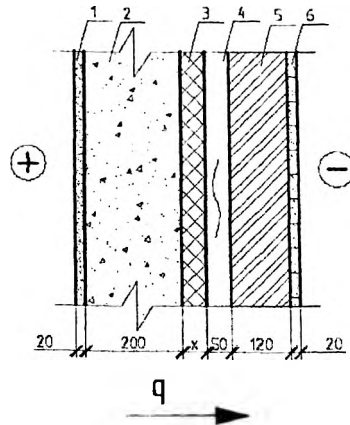


Рис. 1 – Конструкция наружной стены

Принимаем режим эксплуатации Б (табл. 4.2 [1])

1. Известково-песчаная штукатурка:

- $\rho_1 = 1600 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_1 = 0,02 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_1 = 0,81 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$ (табл. А.1 [1], п.41)
- $S_1 = 9,76 (\text{Вт/м}^2\text{°C)}$ (табл. А.1 [1], п.41)
- $\mu_1 = 0,12 (\text{мг}/(\text{м ч Па}))$ (табл. А.1 [1], п.41)

2. Газосиликатные блоки:

- $\rho_2 = 600 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_2 = 0,19 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$ (табл. А.1 [1], п.32)
- $\delta_2 = 0,20 \text{ м}$ (по заданию)
- $S_2 = 2,95 (\text{Вт/м}^2\text{°C)}$ (табл. А.1 [1], п.32)
- $\mu_2 = 0,17 (\text{мг}/(\text{м ч Па}))$ (табл. А.1 [1], п.32)

3. Пенополистирол:

- $\rho_3=50 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_3=0,052 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.108)
- $\delta_3=x$
- $S_3=0,55 \text{ (Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.108)
- $\mu_3=0,05 \text{ (мг/(м ч Па))}$ (табл. А.1 [1], п.108)

4. Вентилируемая воздушная прослойка:

- $\delta_4=0,50 \text{ м}$ (по заданию)
- $R_4=0$
- $S_4=0$
- $R_{п4}=0$

5. Кирпич глиняный обыкновенный:

- $\rho_5=1800 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_5=0,12 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_5=0,81 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.52)
- $S_5=10,12 \text{ (Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.52)
- $\mu_5=0,11 \text{ (мг/(м ч Па))}$ (табл. А.1 [1], п.52)

6. Облицовка известковыми плитами:

- $\rho_6=1400 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_6=0,02 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_6=0,81 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.41)
- $S_6=9,76 \text{ (Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.41)
- $\mu_6=0,12 \text{ (мг/(м ч Па))}$ (табл. А.1 [1], п.41)

Т.к. в данной конструкции воздушная прослойка является вентиляруемой, то слои, расположенные между ней и наружной поверхностью, а также сама воздушная прослойка в расчёте не учитываются.

Сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции должно быть не менее нормативного сопротивления теплопередачи:

$R_{т,норм} = 2,0 \text{ м}^2\text{}^\circ\text{С/Вт}$ – нормативное сопротивление теплопередачи для стен из штучных материалов (табл.5.1, п.1);

$\alpha_{вн} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\text{}^\circ\text{С)}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции (табл. 5.4 [1] п.1);

$\alpha_{вн} = 12 \text{ Вт/(м}^2\text{}^\circ\text{С)}$ (по табл. 5.7, п.3) – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности для стен с воздушной прослойкой, вентиляруемой наружным воздухом.

$$R_{т,норм} \leq \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{x}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}}$$

$$2,0 < \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,2}{0,19} + \frac{x}{0,052} + 1$$

$$x \leq 0,038$$

В качестве утеплителя данной наружной стены назначаем плиты из пенополистирола ГОСТ 15588 толщиной 40 мм (приложение 3).

Определяем сопротивление теплопередачи наружной стены при назначенной толщине утеплителя:

$$R_{т,стена} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{x}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \geq R_{т,норм}$$

$$R_{т,стена} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,20}{0,19} + \frac{0,04}{0,052} + \frac{1}{12} = 2,045 \text{ м}^2\text{}^\circ\text{С/Вт} > R_{т,норм} = 2 \text{ м}^2\text{}^\circ\text{С/Вт}$$

3.2 РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ УТЕПЛИТЕЛЯ КРОВЛИ

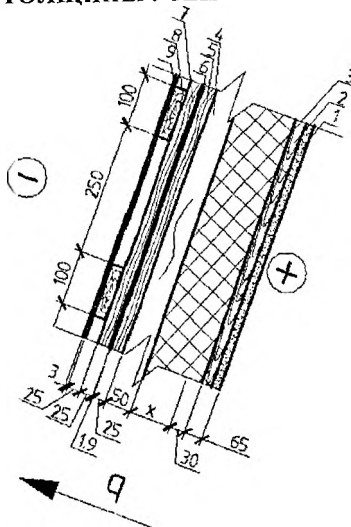


Рис. 2 – Конструкция кровли над теплым чердаком

Принимаем режим эксплуатации Б (табл. 4.2 [1])

1. Гипсокартон:

- $\rho_1=800 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_1=0,015 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_1=0,21 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.51)
- $S_1=3,36 \text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.51)
- $\mu_1=0,075 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.51)

2. Подшивка из доски:

- $\rho_2=500 \text{ кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\delta_2=0,02 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_2=0,18 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $S_2=4,54 \text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.77)
- $\mu_2=0,06 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.77)

3. Плиты из минеральной ваты:

- $\rho_3=75 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_3=x$
- $\lambda_3=0,051 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п. 107)
- $S_3=0,51 \text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.107)
- $\mu_3=0,57 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.107)

4. Вентилируемая воздушная прослойка:

- $\delta_4=0,05 \text{ м}$ (по заданию)
- $R_4=0$
- $S_4=0$
- $R_{п4}=0$

5. Сплошной настил из досок

- $\rho_5=500 \text{ кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\delta_5=0,025 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_5=0,18 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $S_5=4.54 \text{ Вт/м}^{2^\circ}\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.77)
- $\mu_5=0.06 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.77)

6. Толь 1 слой

- $\rho_6=600 \text{ кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 142)
- $\delta_6=0,0019 \text{ м}$ (табл. Ж. 1. [1])
- $\lambda_6=0,17 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 142)
- $S_6=3.53 \text{ Вт/м}^{2^\circ}\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.142)
- $R_{п6}=0,4 \text{ м}^2\text{чПа/мг}$ (табл. Ж.1. [1])

7. Контробрешётка (25x40мм шаг по шагу стропил 800мм из сосны 2-го сорта):

- $\rho_7= 500\text{кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\delta_7=0,025 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_7= 0,18 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $S_7=4.54 \text{ Вт/м}^{2^\circ}\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.77)
- $\mu_7=0.06 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.77)

8. Обрешетка (25x100мм шаг 350мм из сосны 2-го сорта):

- $\rho_8= 500\text{кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\delta_8=0,025 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_8=0,18 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $S_8=4.54 \text{ Вт/м}^{2^\circ}\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.77)
- $\mu_8=0.06 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.77)

9. Металлочерепица RANILLA:

- $\rho_9=7850 \text{ кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 148)
- $\delta_9=0,03 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_9=58 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 148)
- $S_9=126.5 \text{ Вт/м}^{2^\circ}\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.148)
- $\mu_9=0$ (табл. А.1 [1], п.148)

Т.к. в данной конструкции воздушная прослойка является вентилируемой, го слои, расположенные между ней и наружной поверхностью, и сама воздушная прослойка в расчёте не учитываются.

Сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции должно быть не менее нормативного сопротивления теплопередачи. Нормативное сопротивление теплопередачи должно определяться по расчету, обеспечивая перепад между температурой потолка и воздуха помещения последнего этажа не более 2°С (табл.5.1 [1] п. 5.):

$$R_{\text{норм}} = \frac{n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\alpha_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{в}}}$$

$t_{\text{в}}$ 18°С - расчетная температура внутреннего воздуха (табл. 4.1 [1]);

n - коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху (табл.5.3 [1] п.1);

$\alpha_{\text{в}}$ $8.7 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции (табл. 5.4 [1] п.1);

$\Delta t_{\text{в}}$ 2°С - расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции.

Предположим, что толщина утеплителя 150мм, тогда тепловая инерция конструкции будет составлять:

$$D = \frac{\delta_1}{\lambda_1} S_1 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} S_2 + \frac{\delta_3}{\lambda_3} S_3 = \frac{0,015}{0,21} \cdot 3,36 + \frac{0,02}{0,18} \cdot 4,54 + \frac{0,15}{0,051} \cdot 0,51 = 2,24$$

Так как $1,5 < 2,24 < 4$, по таблице 5.1 [1] расчетной температурой наружного воздуха является температура наиболее холодных суток обеспеченностью 0,92. Для Брестской области ее значение $t_{н} = -25^{\circ}\text{C}$ (табл.4.3. [1]).

$$R_{т, норм} = \frac{1 \cdot (18 - (-25))}{8,7 \cdot 2} = 2,471 \text{ М}^2\text{C} / \text{Вт}$$

$\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{C})$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности для конструкций покрытия (табл. 5.7 [1] п.1).

$$R_{т, норм} < \frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_n}$$

$$2,471 \leq \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,23} + \frac{0,02}{0,18} + \frac{x}{0,051} + \frac{1}{23}$$

$$x > 0,109$$

Назначаем в качестве утеплителя для конструкции кровли плиты из минеральной ваты ГОСТ 9573-96 толщиной 110мм. Определяем значение тепловой инерции конструкции, при назначенной толщине утеплителя

$$D = \frac{\delta_1}{\lambda_1} S_1 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} S_2 + \frac{\delta_3}{\lambda_3} S_3 = \frac{0,015}{0,21} \cdot 3,36 + \frac{0,02}{0,18} \cdot 4,54 + \frac{0,11}{0,051} \cdot 0,51 = 1,84$$

Так как $1,5 < 1,84 < 4$ расчетная температура наружного воздуха определена верно, следовательно требуемое сопротивление теплопередачи и толщину утеплителя пересчитывать не надо. Окончательно примем для утепления кровли минеральную вату ГОСТ 9573-96 толщиной 110мм. Найдем сопротивление теплопередачи конструкции кровли:

$$R_{т, кровли} = \frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{x}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_n} \geq R_{т, норм}$$

$$R_{т, кровли} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,21} + \frac{0,02}{0,18} + \frac{0,11}{0,051} + \frac{1}{23} = 2,498 \text{ М}^2\text{C} / \text{Вт} > R_{т, норм} = 2,471 \text{ М}^2\text{C} / \text{Вт}$$

3.3. РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ УТЕПЛИТЕЛЯ ПОЛА ПЕРВОГО ЭТАЖА

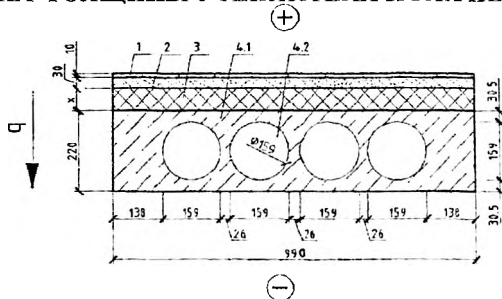


Рис. 3 – Конструкция перекрытия над подвалом

Принимаем режим эксплуатации А (по табл. 4.2 примечание).

1. Плитка керамическая:

- $\rho_1=1600 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_1=0,01 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_1=0,63 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.58)
- $S_1=7,91 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1].1, п.58)
- $\mu_1=0,14 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1].1, п.58)

2. Цементно-песчаная стяжка:

- $\rho_2=1800 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_2=0,03 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_2=0,76 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.39)
- $S_2=9,6 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.39)
- $\mu_2=0,09 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.39)

3. Плиты пенополистирольные:

- $\rho_3=35 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_3=x$
- $\lambda_3=0,041 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.109)
- $S_3=0,40 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.109)
- $\mu_3=0,05 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.109)

4. Железобетонная пустотная плита

4.1 Железобетон

- $\rho_4=2500 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_{4.1} = \delta_4 \cdot \frac{S_{\text{бет}}}{S_{\text{плит}}} = 0,22 \cdot \frac{0,22 \cdot 0,99 - 3 \cdot 14 \cdot 0,159^2}{0,22 \cdot 0,99} \approx 0,14 \text{ м}$
- $\lambda_{4.1}=1,92 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п. 1)
- $S_{4.1}=17,98 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п. 1)
- $\mu_{4.1}=0,03 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.1)

4.2 Замкнутая воздушная прослойка:

- $\delta_{4.2} = \delta_4 \cdot \frac{S_{\text{бет}}}{S_{\text{плит}}} = 0,22 \cdot \frac{3 \cdot 14 \cdot 0,159^2}{0,22 \cdot 0,99} \approx 0,08 \text{ м}$
- $R_{4.2} = 0,22 + \frac{0,22 - 0,23}{0,1 - 0,05} \cdot (0,8 - 0,5) - 0,226$ - термическое сопротивление воздушной прослойки толщиной $\delta_{4.2}=0,08\text{м}$ при отрицательной температуре и потоке тепла сверху вниз (табл. Б.1.[1])
- $S_{4.2}=0$ (п. 5.3 [1])
- $R_{\text{п42}}=0$

Нормативное сопротивление теплопередачи должно определяться по расчету, обеспечивая перепад между температурой пола и воздуха помещения первого этажа не более 2°С (табл. 5.1.[1] п.6.):

$$R_{\text{н.т.р.}} = \frac{n \cdot (t_n - t_n)}{\alpha_n \cdot \Delta t_n}$$

$t_n = 18^\circ\text{С}$ - расчетная температура внутреннего воздуха для жилых зданий (табл. 4.1 [1]);

$n=0.75$ – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, для перекрытий над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, расположенных выше уровня земли (табл.5.3 [1] п.3);

$\alpha_n=8.7$ Вт/(м²°C) - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции (табл. 5.4 [1] п.1);

$\Delta t_n=2^0$ C - расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции.

Предположим, что толщина утеплителя 50мм, тогда тепловая инерция конструкции будет составлять:

$$D = \frac{\delta_1}{\lambda_1} S_1 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} S_2 + \frac{\delta_3}{\lambda_3} S_3 + \frac{\delta_{41}}{\lambda_{41}} S_{41} = \frac{0.01}{0.63} \cdot 7.91 + \frac{0.03}{0.76} \cdot 9.6 + \frac{0.05}{0.041} \cdot 0.4 + \frac{0.14}{1.92} \cdot 17.98 = 2.31$$

Так как $1.5 < 2.31 < 4$, по таблице 5.2 [1] расчетной температурой наружного воздуха является температура наиболее холодных суток обеспеченностью 0.92. Для Брестской области ее значение $t_n = -25^0$ C (табл.4.3.[1]).

$$R_{нвн} = \frac{0.75 \cdot (18 \cdot (-25))}{8.7 \cdot 2} = 1.853 \text{ м}^2\text{°C} / \text{Вт}$$

$\alpha_n=12$ Вт/(м²°C) - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности для перекрытия над подвалам со световыми проемами в стенах, расположенных выше уровня земли (табл. 5.7 [1] п.3);

$$R_{нвн} \leq \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{41}}{\lambda_{41}} + R_{t_2} + \frac{1}{\alpha_H};$$

$$1.853 \leq \frac{1}{8.7} + \frac{0.01}{0.63} + \frac{0.03}{0.76} + \frac{x}{0.041} + \frac{0.14}{1.92} + 0.226 + \frac{1}{12}$$

$$x > 0.053$$

Назначаем в качестве утеплителя для конструкции пола плиты из пенополистерола ГОСТ 15588-86 толщиной 60 мм. Определим тепловую инерцию полученной конструкции:

$$D = \frac{\delta_1}{\lambda_1} S_1 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} S_2 + \frac{\delta_3}{\lambda_3} S_3 + \frac{\delta_{41}}{\lambda_{41}} S_{41} = \frac{0.01}{0.63} \cdot 7.91 + \frac{0.03}{0.76} \cdot 9.6 + \frac{0.06}{0.041} \cdot 0.4 + \frac{0.14}{1.92} \cdot 17.98 = 2.40;$$

$$1.5 < 2.40 < 4$$

Так как $1.5 < 2.4 < 4$, расчетная температура наружного воздуха определена верно, следовательно, требуемое сопротивление теплопередачи и толщину утеплителя пересчитывать не надо для утепления пола плиты из пенополистерола ГОСТ 15588-86 толщиной 60мм. Найдем сопротивление теплопередачи конструкции пола:

$$R_{нвн} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{41}}{\lambda_{41}} + R_{t_2} + \frac{1}{\alpha_H};$$

$$R_{нвн} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.01}{0.63} + \frac{0.03}{0.76} + \frac{0.06}{0.041} + \frac{0.14}{1.92} + 0.226 + \frac{1}{12} = 2.016 \text{ м}^2\text{°C} / \text{Вт} > R_{нвн} = 1.853 \text{ м}^2\text{°C} / \text{Вт}$$

РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЮ

Расчетное сопротивление воздухопроницанию многослойной конструкции определяется как сумма сопротивлений всех ее слоев:

$$R_a = \sum_{i=1}^n R_{ei}, \quad (6)$$

R_{ei} – сопротивления воздухопроницанию отдельных слоёв конструкции, м²·Па/кг, определяется экспериментально. При выполнении курсовой работы допускается назначать сопротивление воздуха по приложению 2, учитывая при этом заданную толщину материалов

Слои, лежащие между вентилируемой прослойкой и наружной поверхностью, в расчете не учитываются.

Удельный вес воздуха, Н/м³, определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}; \quad (7)$$

t – температура воздуха, °С, внутреннего – согласно [1] табл.4.1, наружного – равна средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по [1] табл.4.3.

Плотность наружного воздуха определяется по формуле:

$$\rho_n = \frac{\gamma_n}{9,8}. \quad (8)$$

Расчетную разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающей конструкции Δp , Па, следует определять по формуле:

$$\Delta p = H(\gamma_n - \gamma_v) + 0,5\rho_n v_{cp}^2 (c_n - c_n)k_t, \quad (9)$$

H – высота здания от поверхности земли до верха карниза, м;

γ_n, γ_v – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³, определяемый по формуле (6);

v_{cp} – максимальная из средних скоростей ветра по румбам в январе, м/с, принимаемая по таблице 4.5.[1]. Для типовых проектов v_{cp} следует принимать равной 5 м/с;

ρ_n – плотность наружного воздуха, кг/м³, определяемая по формуле (8);

k_t – коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания, принимаемый по табл. 6 [2] или по приложению.1.

Таблица 1 – Аэродинамический коэффициент подветренной поверхности

В/L	H/L		
	<=0,5	1	>=2
<=1	-0,4	-0,5	-0,6
>=2	-0,5	-0,6	-0,6

H – высота здания до карниза. L – длина здания; V – ширина здания

c_n, c_n – аэродинамические коэффициенты соответственно наветренной и подветренной поверхностей ограждающих конструкций здания, принимаемые по приложению 4 [2]. Для отдельно стоящих зданий с плоской кровлей, $c_n=0,8$; $c_n=-0,6$. Для зданий с двускатной кровлей $c_n=0,8$, а c_n можно определить по таблице1.

Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций зданий и сооружений $R_{в}$, за исключением заполнений световых проемов, должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию $R_{втр}$, м²чПа/кг, определяемого по формуле:

$$R_{в} = \frac{\Delta p}{G_{норм}}; \quad (10)$$

Δp - расчетная разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па, определяемая в соответствии с формулой (9);

$G_{норм}$ - нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, кг/(м²ч), принимаемая по [1] табл. 8.1.

Если сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций зданий и сооружений $R_{в}$ больше требуемого сопротивления воздухопроницанию $R_{втр}$, необходимо изменить конструкцию стены (например, добавить слой материала, не пропускающего воздух).

4.1. РАСЧЕТ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЯ НАРУЖНЫХ СТЕН

Определяем расчетное сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций (рис. 1.):

1. Известково-песчаная штукатурка:

- $\delta_1=20$ мм (по заданию)
- $R_{в1} = \frac{142 \cdot 20}{15} = 189,33$ м²чПа/кг (прил. 2, п.29)

2. Газосиликатные блоки:

- $\delta_2=200$ мм (по заданию)
- $R_{в2} = \frac{21 \cdot 200}{140} = 30,00$ м²чПа/кг (прил. 2, п.2)

3. Пенополистирол:

- $\delta_3=40$ мм (по расчету 3.1)
- $R_{в3} = \frac{79 \cdot 40}{50} = 63,20$ м²чПа/кг (прил. 2, п.22)

Т.к. в данной конструкции воздушная прослойка является вентилируемой, то слои, расположенные между ней и наружной поверхностью, а также сама воздушная прослойка в расчёте не учитываются.

$$R_{в} = \sum_{i=1}^n R_{ви} = 189,33 + 30 + 63,2 = 282,53 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{кг}$$

Определяем удельный вес воздуха при $t_{н}=-21$ °С (средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 для Брестской области по табл. 4.3); $t_{в}=-18$ °С (температура внутреннего воздуха для жилых зданий по [1] табл. 4.1):

$$\gamma_{в} = \frac{3463}{273 + t_{н}} = \frac{3463}{273 - 21} = 13,742 \text{ Н} / \text{м}^3;$$

$$\gamma_{н} = \frac{3463}{273 + t_{в}} = \frac{3463}{273 + 18} = 11,900 \text{ Н} / \text{м}^3.$$

Определяем плотность наружного воздуха:

$$\rho_n = \frac{13,742}{9,8} = 1,402 \text{ кг/м}^3.$$

По приложению 1 путем линейной интерполяции определяем для типа местности А и высоты здания $H=12,5$ м коэффициент k_1

$$k_1 = 1 + \frac{1,25 - 1}{20 - 10} (12,5 - 10) = 1,0625$$

$v_{cp} = 3,7$ м/с – максимальная из средних скоростей ветра по румбам в январе для Брестской области (табл. 4.5.[1]);

$c_n = -0,8$ – аэродинамический коэффициент наветренной ограждающей конструкции стены для зданий с плоской и скатной кровлей;

$c_n = -0,6$ – аэродинамический коэффициент подветренной ограждающей конструкции стены, для зданий со скатной кровлей, при отношении высоты к длине здания $H/L \geq 2$ (табл.1).

Определяем расчетную разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций:

$$\Delta p = H(\gamma_n - \gamma_u) + 0,5 \rho_n v_{cp}^2 (c_n - c_u) k_1,$$

$$\Delta p = 12,5 \cdot (13,742 - 11,900) + 0,5 \cdot 1,402 \cdot 3,7^2 (0,8 - (-0,6)) \cdot 1,0625 = 37,30 \text{ Па}$$

$G_{норм} = 0,5$ кг/м²ч - нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций для наружных стен жилых и общественных зданий (табл. 8.1. [1]).

Определяем требуемое сопротивление воздухопроницанию:

$$R_{стр} = \frac{\Delta P}{G_{норм}} = \frac{37,30}{0,5} = 74,6 \text{ м}^2 \text{чПа/кг}$$

Т.к. $R_n = 282,53 \text{ м}^2 \text{чПа/кг} > R_{стр} = 74,6 \text{ м}^2 \text{чПа/кг}$, то конструкция стены соответствует требованиям.

5. РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАНИЮ

Сопротивление паропрооницанию ограждения R_n определяется, как сумма сопротивлений его слоев от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации (П.В.К.). П.В.К. находится в однослойных конструкциях на 1/3 толщины от паружной поверхности. В многослойных ограждениях - за наружной границью утеплителя.

$$R_n = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\mu_i} \quad (11)$$

n - количество слоёв ограждения от внутренней поверхности до П.В.К.;

δ_i - толщина i -го слоя;

μ_i - сопротивление паропрооницанию i -го слоя, принимаемое по [1] приложению А.1.

Сопротивление паропрооницанию ограждения R_n должно быть не менее требуемого сопротивления паропрооницанию $R_n^{тp}$, определяемого по формуле:

$$R_n^{тp} = R_{nн} \frac{e_n - E_n}{E_n - e_{nнн}}, \quad (12)$$

$R_{nн}$ - сопротивление паропрооницанию слоёв ограждения от П.В.К. до наружной поверхности, следует определять по формуле:

$$R_{nн} = \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\mu_i} \quad (13)$$

m - количество слоёв ограждения от наружной поверхности до П.В.К.;

n - количество слоёв ограждения от внутренней поверхности до П.В.К.;

e_n - парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетных температурах и влажности этого воздуха, определяемое по формуле:

$$e_n = 0,01 \cdot \varphi_n \cdot E_n \quad (14)$$

φ_n - расчетная относительная влажность воздуха внутри помещения для жилых и общественных зданий определяется по таблице 4.1 [1], для других зданий – по соответствующим нормам проектирования, %;

E_n - максимальное парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, по таблице 4.1 [1] определяем $t_{нн}$, затем по $t_{нн}$ пользуясь приложением Е [1], определяем E_n ;

E_n - максимальное парциальное давление водяного пара в П.В.К., Па, принимаемое по приложению Е [1] при температуре в П.В.К., $\tau_{пвк}$, °С, определяемое по формуле:

$$\tau_{пвк} = t_n \frac{t_n - t_{ннн}}{t_n} \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum R \right) \quad (15)$$

$t_{нн}$ - средняя температура за отопительный период, °С, определяем для заданного района строительства по таблице 4.4. [1]. В числителе приведены данные для среднесуточной температуры наружного воздуха начала отопительного периода 8°С, в знаменателе - для 10°С (для больниц, школ и дошкольных учреждений);

$\sum R$ - термическое сопротивление ограждающей конструкции от внутренней поверхности конструкции до П.В.К., м²·°С/Вт;

e_n - парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, определяемое по таблице 4.4 [1].

Сопротивление паропрооницанию неоднородной конструкции рассчитывается по наиболее опасному сечению. Если в конструкции имеется вентилируемая воздушная прослойка, расчет следует выполнять для случая, при котором она исключена из работы, рассматривая воздушную прослойку как замкнутую.

Если R_n меньше $R_n^{пр}$, тогда необходимо изменить конструкцию стены (установить пароизоляцию, заменить внутренний отделочный слой, выполнить дополнительную отделку в виде окраски или штукатурки) и подтвердить расчетом целесообразность данного решения.

5.1 РАСЧЕТ СТЕНЫ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАНИЮ

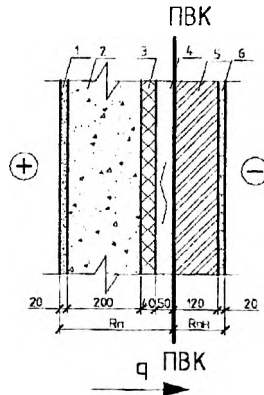


Рис. 5 – Конструкция наружной стены

Принимаем режим эксплуатации Б (табл. 4.2 [1])

1. Известково-песчаная штукатурка:

- $\rho_1 = 1600 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_1 = 0,02 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_1 = 0,81 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.41)
- $S_1 = 9,76 \text{ (Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.41)
- $\mu_1 = 0,12 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.41)

2. Газосиликатные блоки:

- $\rho_2 = 600 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_2 = 0,19 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.32)
- $\delta_2 = 0,20 \text{ м}$ (по заданию)
- $S_2 = 2,95 \text{ (Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.32)
- $\mu_2 = 0,17 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.32)

3. Пенополистирол:

- $\rho_3 = 50 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_3 = 0,052 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.108)
- $\delta_3 = x$
- $S_3 = 0,55 \text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.108)
- $\mu_3 = 0,05 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.108)

4. Вентилируемая воздушная прослойка:

- $\delta_4=0,50\text{ м}$ (по заданию)
- $R_4=0$
- $S_4=0$
- $R_{n4}=0$

5. Кирпич глиняный обыкновенный:

- $\rho_5=1800\text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_5=0,12\text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_5=0,181\text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.52)
- $S_5=10,12\text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.52)
- $\mu_5=0,11\text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.52)

6. Облицовка известковыми плитами:

- $\rho_6=1400\text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_6=0,02\text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_6=0,81\text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1] п.41)
- $S_6=9,76\text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.41)
- $\mu_6=0,12\text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.41)

Расчет ведем для случая, при котором воздушная прослойка замкнута, учитывая ее и все слои, расположены между ней и наружной поверхностью, в расчете.

Определяем сопротивление паропрооницанию ограждения:

$$R_n = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} + R_{n4} = \frac{0,02}{0,12} + \frac{0,2}{0,17} + \frac{0,04}{0,05} + 0 = 2,143\text{ м}^2\text{чПа/мг}$$

Определяем сопротивление паропрооницанию слоёв ограждения от П.В.К. до наружной поверхности:

$$R_{nn} = \frac{\delta_5}{\mu_5} + \frac{\delta_6}{\mu_6} = \frac{0,12}{0,11} + \frac{0,02}{0,12} = 1,257\text{ м}^2\text{чПа/мг}$$

Определяем парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха:

$\phi_n=50\%$ – относительная влажность воздуха в жилом здании (табл. 4.1 [1]);

$t_n=18^\circ\text{С}$ – расчетная температура воздуха в помещениях жилых зданий (табл. 4.1 [1]);

$E_n=2064\text{ Па}$ – максимальное парциальное давление водяного пара внутри помещения, при $t_n=18^\circ\text{С}$ (табл. Е. 1 [1])

$$e_n = 0,01 \cdot 50\% \cdot 2064 = 1032\text{ Па}$$

Определяем сопротивление теплопередачи конструкции стены для случая, если воздушная прослойка не работает:

$\alpha_n=8,7\text{ Вт/(м}^2\text{ }^\circ\text{С)}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции (табл. 5.4 [1] п.1);

$\alpha_n=23\text{ Вт/(м}^2\text{ }^\circ\text{С)}$ (по табл. 5.7, п.1) – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности для стен без воздушной прослойки, вентилируемой наружным воздухом.

$$R_{n, \text{стены}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,20}{0,19} + \frac{0,04}{0,052} + 0,14 + \frac{0,12}{0,181} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 2,833\text{ м}^2\text{ }^\circ\text{С/Вт}$$

Определяем температуру в П.В.К.:

$t_{н.от.} = -0,2^{\circ}\text{C}$ — средняя температура наружного воздуха за отопительный период для жилых зданий Брестской области (табл. 4.4 [1]. п.1)

$$t_{п.в.к.} = t_n - \frac{t_n - t_{н.от.}}{R_y} \cdot \sum R = 18 - \frac{18 - 0,2}{2,833} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,20}{0,19} + \frac{0,04}{0,052} + 0,14 \right) = 5,81^{\circ}\text{C}$$

Определяем максимальное парциальное давление водяного пара в П.В.К.:

$E_x = 872 + \frac{935 - 872}{6 - 5} \cdot (5,81 - 5) = 923$ Па — максимальное парциальное давление водяного пара в плоскости возможной конденсации, найденное методом интерполяции (табл. Е. 1.[1])

Определяем парциальное давление водяного пара наружного воздуха:

$e_n = 521$ Па — среднее парциальное давление водяного пара, наружного воздуха, для Брестской области (табл.4.4. [1] п.1)

Определяем требуемое сопротивление паропроницанию:

$$R_{np} = R_n \cdot \frac{e_n - E_x}{E_x - e_n} = 1,257 \cdot \frac{1032 - 923}{923 - 521} = 0,341 \text{ м}^2 \text{ ч Па / мг}$$

По расчёту $R_n = 2,833 \text{ м}^2 \text{ ч Па / мг} > R_{np} = 0,377 \text{ м}^2 \text{ ч Па / мг}$, следовательно дополнительной пароизоляции не требуется.

5.2. РАСЧЕТ КРОВЛИ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРПРОНИЦАНИЮ

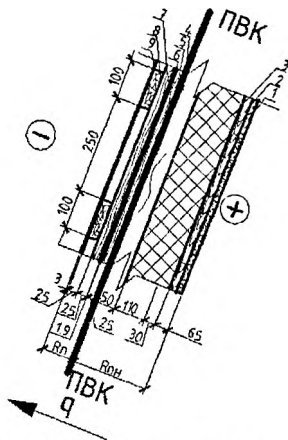


Рис. 6 — Конструкция покрытия

Принимаем режим эксплуатации Б (табл. 4.2 [1])

1. Гипсокартон:

- $\rho_1 = 800 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_1 = 0,21 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$ (табл. А.1 [1], п.51)
- $\delta_1 = 0,015 \text{ м}$ (по заданию)
- $S_1 = 3,36 \text{ (Вт/м}^2\text{C)}$ (табл. А.1 [1], п.51)
- $\mu_1 = 0,075 \text{ (мг/(м ч Па))}$ (табл. А.1 [1], п.51)

2. Подшивка из доски:

- $\rho_2=500 \text{ кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\lambda_2=0,18 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\delta_2=0,02 \text{ м}$ (по заданию)
- $S_2=4.54 \text{ (Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.77)
- $\mu_2=0.06 \text{ (мг/(м ч Па))}$ (табл. А.1 [1], п.77)

3. Плиты из минеральной ваты:

- $\rho_3=75 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_3=0,051 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п. 107)
- $\delta_3=0.11 \text{ м}$ (расчет 3.2)
- $S_3=0.51 \text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.107)
- $\mu_3=0.57 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.107)

4. Воздушная прослойка:

- $\delta_4=0,05 \text{ м}$ (по заданию)
- $R_4=0.14 \text{ м}^2\text{}^\circ\text{С/Вт}$ (для замкнутой воздушной прослойки по табл. Б.1. [1])
- $S_4=0$
- $R_{п4}=0$

5. Сплошной настил из досок

- $\rho_5=500 \text{ кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\delta_5=0,025 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_5=0,18 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $S_5=4.54 \text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.77)
- $\mu_5=0.06 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.77)

6. Толь I слой

- $\rho_6=600 \text{ кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 142)
- $\delta_6=0,0019 \text{ м}$ (табл. Ж. 1. [1] п.16)
- $\lambda_6=0,17 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 142)
- $S_6=3.53 \text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.142)
- $R_{п6}=0,4 \text{ м}^2\text{чПа/мг}$ (табл. Ж.1. [1] п.16.)

7. Контробрешётка (25x100мм шаг 800мм из сосны 2-го сорта):

- $\rho_7= 500\text{кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\delta_7=0,025 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_7=0,18 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $S_7=4.54 \text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.77)
- $\mu_7=0.06 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.77)

8. Обрешетка (25x100мм шаг 350мм из сосны 2-го сорта):

- $\rho_8= 500\text{кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\delta_8=0,025 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_8=0,18 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $S_8=4.54 \text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.77)
- $\mu_8=0.06 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.77)

9. Металлочерепица RANILLA:

- $\rho_9=7850 \text{ кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 148)
- $\delta_9=0,03 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_9=58 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 148)
- $S_9=126.5 \text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.148)
- $\mu_9=0$ (табл. А.1 [1], п.148)

Расчет ведем для случая, при котором воздушная прослойка замкнута, учитывая тот факт, что воздух легко проходит через кровельный материал. В расчет принимаем: воздушную прослойку, сплошной настил из досок и слой толя.

Определяем сопротивление паропроницанию ограждения:

$$R_{\Sigma} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} + R_{n, \Sigma} = \frac{0,015}{0,075} + \frac{0,020}{0,06} + \frac{0,11}{0,57} + 0 = 0,726 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг};$$

Определяем сопротивление паропроницанию слоёв ограждения от П.В.К. до наружной поверхности:

$$R_{m} = \frac{\delta_5}{\mu_5} + R_{\gamma, 6} = \frac{0,025}{0,06} + 0,4 = 0,817 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг}$$

Определяем парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха:

$\varphi_{в} = 50\%$ – относительная влажность воздуха в жилом здании (табл. 4.1 [1]);

$t_{в} = 18^\circ\text{C}$ – расчетная температура воздуха в помещениях жилых зданий (табл. 4.1 [1]);

$E_{в} = 2064 \text{ Па}$ – максимальное парциальное давление водяного пара внутри помещения, при $t_{в} = 18^\circ\text{C}$ (табл. Е. 1 [1])

$$e_{в} = 0,01 \cdot 50\% \cdot 2064 = 1032 \text{ Па}.$$

Определяем сопротивление теплопередачи конструкции кровли для случая, если воздушная прослойка не вентилируется наружным воздухом:

$$R_{\gamma, \text{крыша}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,21} + \frac{0,02}{0,18} + \frac{0,11}{0,051} + 0,14 + \frac{0,025}{0,18} + \frac{0,0019}{0,17} + \frac{1}{23} = 2,788 \text{ м}^2 \text{C} / \text{Вт}$$

Определяем температуру в П.В.К.:

$t_{н, \text{от.}} = 0,2^\circ\text{C}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период для жилых зданий Брестской области (табл. 4.4 [1], п.1)

$$t_{п.в.к.} - t_{в} - \frac{t_{в} - t_{н, \text{от.}}}{R_{\gamma}} \cdot \sum R = 18 - \frac{18 - 0,2}{2,788} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,21} + \frac{0,02}{0,18} + \frac{0,11}{0,051} \right) = 2,33^\circ\text{C}$$

Определяем максимальное парциальное давление водяного пара в П.В.К.:

$E_{к} = 705 + \frac{759 - 705}{3 - 2} \cdot (3 - 2,33) = 740,6 \text{ Па}$ – максимальное парциальное давление водяного пара в плоскости возможной конденсации, найденное методом интерполяции (табл. Е. 1 [1])

Определяем парциальное давление водяного пара наружного воздуха:

$e_{н} = 521 \text{ Па}$ – среднее парциальное давление водяного пара, наружного воздуха, для Брестской области (табл. 4.4. [1] и.1)

Определяем требуемое сопротивление паропроницанию:

$$R_{m, \text{треб.}} = R_{m, \text{н.}} \cdot \frac{e_{к} - E_{к}}{E_{к} - e_{н}} = 0,817 \cdot \frac{1032 - 740,6}{740,6 - 521} = 1,084 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг}$$

По расчёту $R_{н} = 0,726 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг} < R_{н, \text{треб.}} = 1,084 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг}$, следовательно необходимо изменить конструкцию стены. Установим пароизоляцию между гипсокартонном и подшивкой из досок в виде 1-го слоя толя кровельного толщиной 1,9 мм с сопротивлением паропроницанию $R_{н} = 0,4 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг}$ (табл. Ж.1. [1] п.13.) Тогда:

$$R_{\Sigma} = \frac{0,015}{0,075} + \frac{0,020}{0,06} + \frac{0,11}{0,57} + 0,4 = 1,126 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг} > R_{m, \text{треб.}} = 1,084 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг}.$$

5.3. РАСЧЕТ ПОЛА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАНИЮ

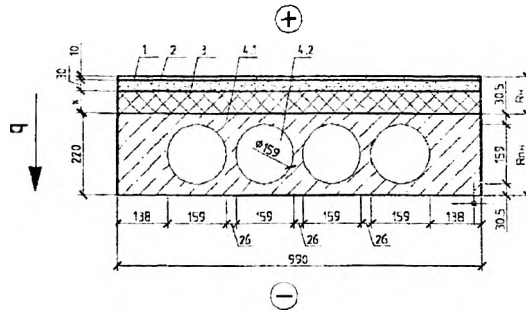


Рис. 7 – Конструкция пола первого этажа

Принимаем режим эксплуатации А (по табл. 4.2 примечание).

1. Плитка керамическая:

- $\rho_1=1600 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_1=0,63 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.58)
- $\delta_1=0,01 \text{ м}$ (по заданию)
- $S_1=7,91 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1].1, п.58)
- $\mu_1=0,14 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1].1, п.58)

2. Цементно-песчаная стяжка:

- $\rho_2=1800 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_2=0,76 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.39)
- $\delta_2=0,03 \text{ м}$ (по заданию)
- $S_2=9,6 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.39)
- $\mu_2=0,09 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.39)

3. Плиты пенополистерольные:

- $\rho_3=35 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_3=x$
- $\lambda_3=0,041 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.109)
- $S_3=0,40 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.109)
- $\mu_3=0,05 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.109)

4. Железобетонная пустотная плита.

4.1 Железобетон

- $\rho_{4.1}=2500 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_{4.1}=1,92 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п. 1)
- $\delta_{4.1}=0,14 \text{ м}$ (приведенная)
- $S_{4.1}=17,98 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п. 1)
- $\mu_{4.1}=0,03 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.1)

4.2 Замкнутая воздушная прослойка:

- $R_{4.2}=0,226 \text{ м}^2\text{С/Вт}$ - термическое сопротивление воздушной прослойки толщиной $\delta_{4.2}=0,08\text{м}$ при отрицательной температуре и потоке тепла сверху вниз (табл. Б.1.[1])
- $S_{4.2}=0$ (п. 5.3 [1])
- $R_{п4.2}=0$

Определяем сопротивление паропроницанию ограждения:

$$R_n = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,01}{0,14} + \frac{0,030}{0,09} + \frac{0,06}{0,05} = 1,605 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг};$$

Определяем сопротивление паропроницанию слоёв ограждения от П.В.К. до наружной поверхности:

$$R_{нн} = \frac{\delta_{41}}{\mu_{41}} = \frac{0,14}{0,03} = 4,67 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг}$$

Определяем парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха:

$\varphi_n = 50\%$ – относительная влажность воздуха в жилом здании (табл. 4.1 [1]);

$t_n = 18^\circ\text{C}$ – расчетная температура воздуха в помещениях жилых зданий (табл. 4.1 [1]);

$E_n = 2064 \text{ Па}$ – максимальное парциальное давление водяного пара внутри помещения, при $t_n = 18^\circ\text{C}$ (табл. Е. 1 [1])

$$e_n = 0,01 \cdot 50\% \cdot 2064 = 1032 \text{ Па}.$$

Определяем температуру в П.В.К.:

$R_{г\text{ пола}} = 2,016 \text{ м}^{20} \text{C} / \text{Вт}$ – сопротивление теплопередачи конструкции пола (расчет 3.3);

$t_{н\text{от.}} = 0,2^\circ\text{C}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период для жилых зданий Брестской области (табл. 4.4 [1], п.1)

$$t_{л.в.к} = t_n - \frac{t_n - t_{н\text{от.}}}{R_f} \cdot \sum R = 18 - \frac{18 - 0,2}{2,016} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,63} + \frac{0,03}{0,76} + \frac{0,06}{0,041} \right) = 3,58^\circ\text{C}$$

Определяем максимальное парциальное давление водяного пара в П.В.К.:

$E_k = 759 + \frac{813 - 759}{4 - 3} \cdot (3,58 - 3) = 791 \text{ Па}$ – максимальное парциальное давление водяного пара в плоскости возможной конденсации, найденное методом интерполяции (табл. Е. 1.[1])

Определяем парциальное давление водяного пара наружного воздуха:

$e_n = 521 \text{ Па}$ – среднее парциальное давление водяного пара, наружного воздуха, для Брестской области (табл.4.4. [1] п.1)

Определяем требуемое сопротивление паропроницанию:

$$R_{нн} = R_{нн} \cdot \frac{e_n - E_k}{E_n - e_n} = 4,67 \cdot \frac{1032 - 791}{791 - 521} = 4,168 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг}$$

По расчёту $R_n = 1,605 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг} < R_{нн} = 4,168 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг}$, следовательно необходимо изменить конструкцию стены. Установим пароизоляцию между цементно-песчаной стяжкой и торфяными плитами в виде 1-го полиэтиленовой пленки 0.16 мм с сопротивлением паропроницанию $R_n = 7.3 \cdot \text{м}^2 \text{чПа} / \text{мг}$ (табл. Ж.1. [1] п.14.) Тогда:

$$R_n = \frac{0,01}{0,14} + \frac{0,030}{0,09} + \frac{0,06}{0,05} + 7,3 = 8,905 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг} > 4,168 \text{ м}^2 \text{чПа} / \text{мг}.$$

6. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ОГРАЖДЕНИИ

Температура в любой точке поверхности определяется по формуле:

$$\tau_x = t_e - \frac{t_e - t_n}{R_T} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right); \quad (16)$$

t_e - расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая по таблице 4.1 [1];

t_n - расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С, принимаемая по таблице 4.3 [1] с учетом тепловой инерции ограждающих конструкций D;

α_e - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²°С), принимаемый по таблице 5.4 [1];

R_T - термическое сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции, м²°С/Вт, определяемое по формуле (3);

n – количество слоёв ограждения от внутренней поверхности до искомой плоскости.

Температура внутренней поверхности ограждения определяется по формуле:

$$\tau = t_e \cdot \frac{t_e - t_n}{R_T \cdot \alpha_e}; \quad (17)$$

Слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, не учитываются.

6.1. НАРУЖНЫЕ СТЕНЫ

Конструкция стен соответствует рис.1.

Принимаем режим эксплуатации Б (табл. 4.2 [1])

1. Известково-песчаная штукатурка:

- $\rho_1=1600$ кг/м³(по заданию)
- $\delta_1=0,02$ м(по заданию)
- $\lambda_1=0,81$ Вт/(м°С) (табл. А.1 [1], п.41)
- $S_1=9,76$ (Вт/м²°С) (табл. А.1 [1], п.41)
- $\mu_1=0,12$ (мг/(м ч Па)) (табл. А.1 [1], п.41)

2. Газосиликатные блоки:

- $\rho_2=600$ кг/м³(по заданию)
- $\lambda_2=0,19$ Вт/(м°С) (табл. А.1 [1], п.32)
- $\delta_2=0,20$ м(по заданию)
- $S_2=2,95$ (Вт/м²°С) (табл. А.1 [1], п.32)
- $\mu_2=0,17$ (мг/(м ч Па)) (табл. А.1 [1], п.32)

3. Пенополистирол:

- $\rho_3=50$ кг/м³(по заданию)
- $\lambda_3=0,052$ Вт/(м°С) (табл. А.1 [1], п.108)
- $\delta_3=0,06$ м
- $S_3=0,55$ (Вт/м²°С) (табл. А.1 [1], п.108)
- $\mu_3=0,05$ (мг/(м ч Па)) (табл. А.1 [1], п.108)

4. Вентилируемая воздушная прослойка:

- $\delta_4=0,50\text{м}$ (по заданию)
- $R_4=0$
- $S_4=0$
- $R_{п4}=0$

5. Кирпич глиняный обыкновенный:

- $\rho_5=1800\text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_5=0,12\text{м}$ (по заданию)
- $\lambda_5=0,181\text{Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.52)
- $S_5=10,12\text{(Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.52)
- $\mu_5=0,11\text{(мг/(м ч Па))}$ (табл. А.1 [1], п.52)

6. Облицовка известковыми плитами:

- $\rho_6=1400\text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_6=0,02\text{м}$ (по заданию)
- $\lambda_6=0,81\text{Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1] п.41)
- $S_6=9,76\text{(Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.41)
- $\mu_6=0,12\text{(мг/(м ч Па))}$ (табл. А.1 [1], п.41)

Находим тепловую инерцию конструкции:

$$D = \frac{\delta_1}{\lambda_1} \cdot S_1 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \cdot S_2 + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \cdot S_3 = \frac{0,02}{0,81} \cdot 9,76 + \frac{0,2}{0,19} \cdot 2,95 + \frac{0,04}{0,052} \cdot 0,55 = 3,769$$

Т.к. $1,5 < D < 4$, по таблиц 5.2 [1] за расчетную температуру наружного воздуха необходимо принять температуру наиболее холодных суток обеспеченностью 0,92, ее значение в Брестской области составляет $t_{н}=-25^\circ\text{С}$ (табл. 4.3 [1])

$t_{в}=18^\circ\text{С}$ – температура внутреннего воздуха для жилых зданий (табл. 4.1 [1]);

$R_{т}=2,045\text{м}^2\text{}^\circ\text{С/Вт}$ – сопротивление теплопередачи стены (расчёт 3.1.);

$\alpha_{в}=8,7\text{ Вт/(м}^2\text{}^\circ\text{С)}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции (табл. 5.4 [1] п.1).

Определяем температуру внутренней поверхности ограждения в точке 1:

$$t_1 = t_v - \frac{t_v - t_n}{R_t \cdot \alpha_v} = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,045 \cdot 8,7} = 15,58^\circ\text{С}.$$

Определяем температуру в точке 2:

$$t_2 = t_n - \frac{t_v - t_n}{R_t} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right) = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,045} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} \right) = 15,06^\circ\text{С};$$

Определяем температуру в точке 3:

$$t_3 = t_n - \frac{t_v - t_n}{R_t} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,045} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,2}{0,19} \right) = -7,07^\circ\text{С}$$

Определяем температуру в точке 4:

$$t_4 = t_n - \frac{t_v - t_n}{R_t} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,045} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,2}{0,19} + \frac{0,04}{0,052} \right) = -23,25^\circ\text{С}$$

Строим график изменения температур:

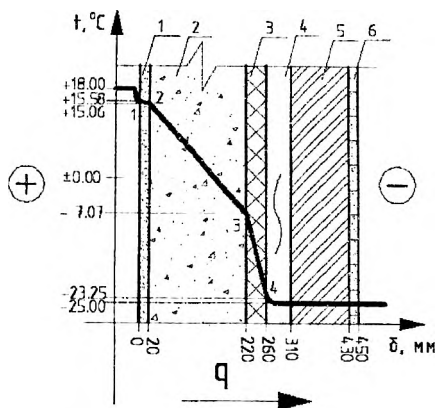


Рис. 8 – График распределения температур в наружной стене

Выполняем проверку построения графика:

$$q = \alpha_n \cdot (t_{n,n} - t_n) = 12 \cdot (-23.25 - (-25)) = 21.00$$

$$q = \alpha_s \cdot (t_s - t_{s,n}) = 8.7 \cdot (18 - 15.58) = 21.05$$

Т. к. $21.00 \approx 21.05$, то график построен верно.

6.2. КРОВЛЯ

Конструкция кровли соответствует рис.2.

Принимаем режим эксплуатации Б (табл. 4.2 [1])

1. Гипсокартон:

- $\rho_1 = 800 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_1 = 0,015 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_1 = 0,21 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ (табл. А.1 [1], п.51)
- $S_1 = 3.36 \text{ Вт/м}^2\text{C}$ (табл. А.1 [1], п.51)
- $\mu_1 = 0.075 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.51)

2. Подшивка из доски:

- $\rho_2 = 500 \text{ кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\delta_2 = 0,02 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_2 = 0,18 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $S_2 = 4.54 \text{ Вт/м}^2\text{C}$ (табл. А.1 [1], п.77)
- $\mu_2 = 0.06 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.77)

3. Плиты из минеральной ваты:

- $\rho_3 = 75 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_3 = 0.11 \text{ м}$
- $\lambda_3 = 0,051 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ (табл. А.1 [1], п. 107)
- $S_3 = 0.51 \text{ Вт/м}^2\text{C}$ (табл. А.1 [1], п.107)
- $\mu_3 = 0.57 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.107)

4. Вентилируемая воздушная прослойка:

- $\delta_4=0,05\text{м}$ (по заданию)
- $R_4=0$
- $S_4=0$
- $R_{п4}=0$

5. Сплошной настил из досок

- $\rho_5=500\text{кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\delta_5=0,025\text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_5=0,18\text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $S_5=4.54\text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.77)
- $\mu_5=0.06\text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.77)

6. Толь 1 слой

- $\rho_6=600\text{ кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 142)
- $\delta_6=0,0019\text{ м}$ (табл. Ж. 1. [1])
- $\lambda_6=0,17\text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 142)
- $S_6=3.53\text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.142)
- $R_{п6}=0,4\text{ м}^2\text{чПа/мг}$ (табл. Ж.1. [1])

7. Контробрешётка (25x100мм шаг 800мм из сосны 2-го сорта)::

- $\rho_7=500\text{кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\delta_7=0,025\text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_7=0,18\text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $S_7=4.54\text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.77)
- $\mu_7=0.06\text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.77)

8. Обрешетка (25x100мм шаг 350мм из сосны 2-го сорта):

- $\rho_8=500\text{кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $\delta_8=0,025\text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_8=0,18\text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 77)
- $S_8=4.54\text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.77)
- $\mu_8=0.06\text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.77)

9. Металлочерепица RANILLA:

- $\rho_9=7850\text{ кг/м}^3$ (табл. А.1 [1], п. 148)
- $\delta_9=0,03\text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_9=58\text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п. 148)
- $S_9=126.5\text{ Вт/м}^2\text{}^\circ\text{С}$ (табл. А.1 [1], п.148)
- $\mu_9=0$ (табл. А.1 [1], п.148)

$t_{п}=-25^\circ\text{С}$ (табл. 4.3 [1]);

$t_{в}=18^\circ\text{С}$ – температура внутреннего воздуха для жилых зданий (табл. 4.1 [1]);

$R_1=2,498\text{м}^2\text{}^\circ\text{С/Вт}$ – сопротивление теплопередачи стены (расчёт 3.1.)»

$\alpha_{в}=8,7\text{ Вт/(м}^2\text{}^\circ\text{С)}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции (табл. 5.4 [1] п.1).

Определяем температуру поверхности ограждения в точке 1:

$$\tau_1 = t_v - \frac{t_w - t_{п}}{R_1 - \alpha_v} = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,498 - 8,7} = 16,02^\circ\text{С} ;$$

Определяем температуру в точке 2:

$$t_2 = t_e - \frac{t_e - t_a}{R_T} \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right) = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,498} \left(8,7 + \frac{0,015}{0,21} \right) = 14,79^\circ \text{C};$$

Определяем температуру в точке 3:

$$t_3 = t_e - \frac{t_e - t_a}{R_T} \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,498} \left(8,7 + \frac{0,015}{0,21} + \frac{0,02}{0,18} \right) = 12,88^\circ \text{C}$$

Определяем температуру в точке 4:

$$t_4 = t_e - \frac{t_e - t_a}{R_T} \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,498} \left(8,7 + \frac{0,015}{0,21} + \frac{0,02}{0,18} + \frac{0,11}{0,051} \right) = -24,25^\circ \text{C}$$

Строим график изменения температур:

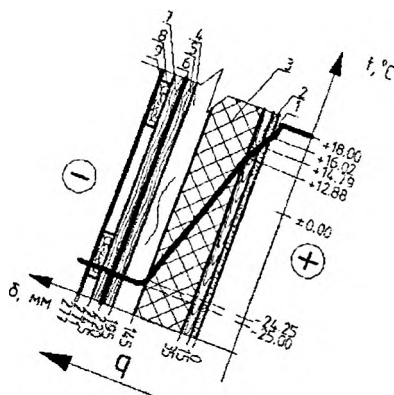


Рис. 9 – График изменения температур в покрытии

Выполняем проверку построения графика:

$$q = \alpha_e \cdot (t_{e,n} - t_a) = 23 \cdot (-24,25 - (-25)) = 17,25$$

$$q = \alpha_e \cdot (t_e - t_{e,n}) = 8,7 \cdot (18 - 16,02) = 17,23$$

Т. к. $17,25 \approx 17,23$, то график построен верно.

6.3. ПОЛ ПЕРВОГО ЭТАЖА

Конструкция пола соответствует рис.3.

Принимаем режим эксплуатации А (по табл. 4.2 примечание).

1. Плитка керамическая:

- $\rho_1 = 1600 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_1 = 0,01 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_1 = 0,63 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.58)
- $S_1 = 7,91 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1].1, п.58)
- $\mu_1 = 0,14 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1].1, п.58)

2. Цементно-песчаная стяжка:

- $\rho_2=1800 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_2=0,03 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_2=0,76 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.39)
- $S_2=9,6 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.39)
- $\mu_2=0,09 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.39)

3. Плиты пенополистирольные:

- $\rho_3=35 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_3=0,06 \text{ м}$
- $\lambda_3=0,041 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.109)
- $S_3=0,40 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.109)
- $\mu_3=0,05 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.109)

4. Железобетонная пустотная плита.

4.1 Железобетон

- $\rho_{4.1}=2500 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_{4.1}=0,14 \text{ м}$ (приведенная)
- $\lambda_{4.1}=1,92 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п. 1)
- $S_{4.1}=17,98 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п. 1)
- $\mu_{4.1}=0,03 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.1)

4.2 Замкнутая воздушная прослойка:

- $R_{4.2}=0,226 \text{ м}^2\text{С/Вт}$ (найденно методом интерполяции при $\delta=0,08 \text{ м}$ при отрицательной температуре в прослойке при потоке тепла сверху вниз, по [1] прил. Б)
- $S_{4.2}=0$ (п. 5.3 [1])
- $R_{п4.2}=0$

$D=2,40$ – тепловая инерция конструкции пола (расчёт 3.3.)

Т.к. $1.5 < D < 4$, по таблице 5.2 [1] за расчетную температуру наружного воздуха необходимо принять температуру наиболее холодных суток обеспеченностью 0.92, ее значение в Брестской области составляет $t_{в}=-25^\circ\text{С}$ (табл. 4.3 [1])

$t_{в}=18^\circ\text{С}$ – температура внутреннего воздуха для жилых зданий (табл. 4.1 [1]);

$R_r=2,016 \text{ м}^2\text{С/Вт}$ – сопротивление теплопередачи стены (расчёт 3.1.);

$\alpha_{в}=8,7 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции (табл. 5.4 [1] п.1).

Определяем температуру внутренней поверхности ограждения в точке 1:

$$t_1 = t_{в} - \frac{t_{в} - t_{в}}{R_r \cdot \alpha_{в}} = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,016 \cdot 8,7} = 15,55^\circ\text{С}.$$

Определяем температуру в точке 2:

$$t_2 = t_{в} - \frac{t_{в} - t_{в}}{R_r} \left(\frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right) = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,016} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,63} \right) = 15,21^\circ\text{С}.$$

Определяем температуру в точке 3:

$$t_3 = t_{в} - \frac{t_{в} - t_{в}}{R_r} \left(\frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,016} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,63} + \frac{0,03}{0,76} \right) = 14,37^\circ\text{С}.$$

Определяем температуру в точке 4:

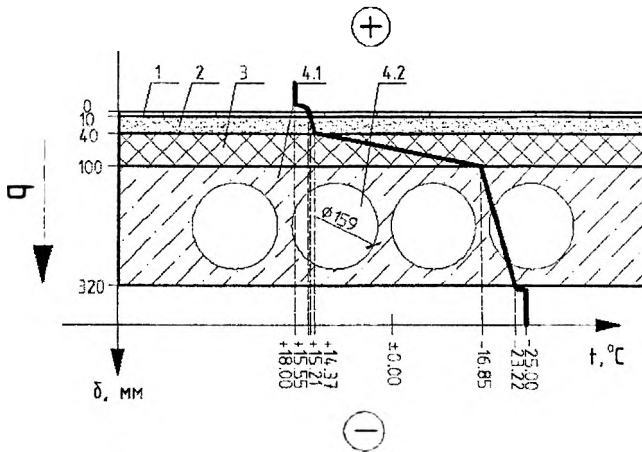
$$t_4 - t_n = \frac{t_e - t_n}{R_T} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,016} \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,63} + \frac{0,03}{0,76} + \frac{0,06}{0,041} \right) = -16,85^\circ\text{C}$$

Определяем температуру в точке 5:

$$t_5 - t_n = \frac{t_e - t_n}{R_T} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{s1}}{\lambda_{s1}} + R_{s2} \right) = 18 - \frac{18 - (-25)}{2,016} \times \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,63} + \frac{0,03}{0,76} + \frac{0,06}{0,041} + \frac{0,14}{1,92} + 0,226 \right) = -23,22^\circ\text{C}$$

Строим график изменения температур:

Рис. 10 – График изменения температур в конструкции пола



Выполняем проверку построения графика:

$$q = \alpha_n \cdot (t_{n,n} - t_n) = 12 \cdot (-23,22 - (-25)) = 21,36$$

$$q = \alpha_e \cdot (t_e - t_{e,n}) = 8,7 \cdot (18 - 15,55) = 21,32$$

Т. к. $21,36 \approx 21,32$, то график построен верно.

7. РАСЧЕТ НЕОДНОРОДНОГО ОГРАЖДЕНИЯ

Термическое сопротивление многослойной неоднородной ограждающей конструкции R_k , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, необходимо определять следующим образом:

1. плоскостями, параллельными направлению теплового потока, ограждающую конструкцию условно разрезать на участки, из которых одни участки могут быть однородными — из одного материала, а другие — неоднородными — из слоев разных материалов, и определить термическое сопротивление конструкции $R_{ка}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, по формуле:

$$R_{ка} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_i}} \quad (18)$$

F_i — площадь i -го участка конструкции, м^2 ;

R_i — термическое сопротивление i -го участка конструкции, определяемое по формуле (1) для однослойных участков и по формуле (2) — для многослойных участков;

2. плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, ограждающую конструкцию (или ее часть, принятую для определения $R_{ка}$) условно разрезать на слои, из которых одни слои могут быть однородными — из одного материала, а другие — неоднородными — из однослойных участков разных материалов. Определить термическое сопротивление однородных слоев по формуле (1), неоднородных слоев — по формуле (18). Термическое сопротивление $R_{кб}$ ограждающей конструкции находим как сумму значений термического сопротивления отдельных однородных и неоднородных слоев по формуле (2);

3. если $R_{ка}$ не превысит $R_{кб}$ более чем на 25 %, термическое сопротивление ограждающей конструкции необходимо определять по формуле:

$$R_x = \frac{R_{ка} + 2 \cdot R_{кб}}{3} \quad (19)$$

4. если $R_{ка}$ превышает $R_{кб}$ более чем на 25 % или ограждающая конструкция не является плоской (имеет выступы на поверхности и др.), то термическое сопротивление такой конструкции необходимо определять на основании расчета температурного поля следующим образом:

4.1. по результатам расчета температурного поля при расчетных значениях температуры внутреннего ($t_{вн}$) и наружного ($t_{н}$) воздуха определить среднюю температуру внутренней ($t_{вн}$) и наружной ($t_{н}$) поверхностей ограждающей конструкции и вычислить значение теплового потока q , $\text{Вт}/\text{м}^2$, по формуле:

$$q = \alpha_n \cdot (t_{вн} - t_{н}) = \alpha_s \cdot (t_s - t_{сн}) \quad (20)$$

4.2. определить термическое сопротивление конструкции по формуле:

$$R_k = \frac{t_{сн} + t_{вн}}{q} \quad (21)$$

Температура внутренней и наружной поверхности определяется экспериментально. Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции по теплопроводному включению (стыки панелей, связи между внутренними и наружными слоями панелей и др.) должна быть не ниже t_p (точки росы) внутреннего воздуха при расчетной зимней температуре наружного воздуха и расчетных температуре и относительной влажности внутреннего воздуха.

7.1. ПРИМЕР РАСЧЕТА НЕОДНОРОДНОГО ОГРАЖДЕНИЯ ПОЛА

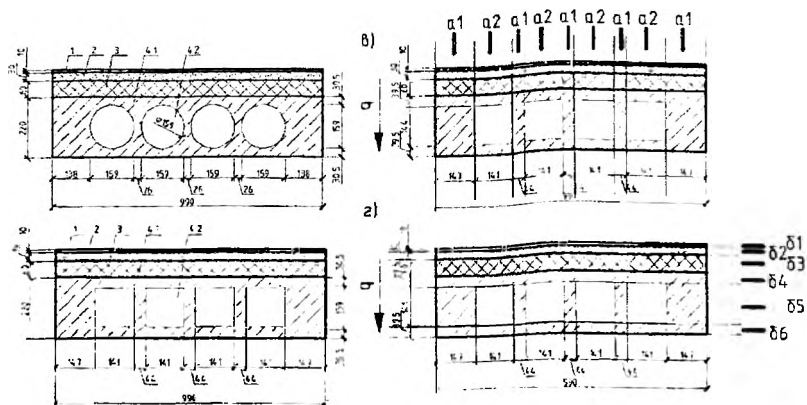


Рис. 12 – Конструкция пола 1-го этажа

Принимаем режим эксплуатации А (по табл. 4.2 примечание).

1. Плитка керамическая:

- $\rho_1=1600 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_1=0,01 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_1=0,63 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.58)
- $S_1=7,91 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1].1, п.58)
- $\mu_1=0,14 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1].1, п.58)

2. Цементно-песчаная стяжка:

- $\rho_2=1800 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_2=0,03 \text{ м}$ (по заданию)
- $\lambda_2=0,76 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.39)
- $S_2=9,6 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.39)
- $\mu_2=0,09 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.39)

3. Плиты пенополистирольные:

- $\rho_3=35 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\delta_3=x$
- $\lambda_3=0,041 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.109)
- $S_3=0,40 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п.109)
- $\mu_3=0,05 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.109)

4. Железобетонная пустотная плита:

- $\delta_4=0,22 \text{ м}$
- 4.1 Железобетон
 - $\rho_{41}=2500 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
 - $\lambda_{41}=1,92 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п. 1)
 - $S_{41}=17,98 \text{ Вт/(м}^2\text{С)}$ (табл. А.1 [1], п. 1)
 - $\mu_{41}=0,03 \text{ мг/(м ч Па)}$ (табл. А.1 [1], п.1)
- 4.2 Замкнутая воздушная прослойка:

- $S_{42}=0$ (п. 5.3 [1])
- $R_{n42}=0$

Выбираем часть конструкции, которую необходимо рассматривать как неоднородную (рис. 12 а). Заменяем круглые пустоты в железобетонной плите квадратными такой же площади (рис.12 б):

$$S = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot (0,159/2)^2 = 0,020 \text{ м}^2 - \text{площадь круглой пустоты};$$

$$a = \sqrt{S} = \sqrt{0,020} = 0,141 \text{ м} - \text{сторона квадрата};$$

$$s = r + s_1 - a = 0,159 + 0,026 - 0,141 = 0,044 \text{ м} - \text{расстояние между пустотами};$$

$$h = \frac{L - 4 \cdot r + 3 \cdot s}{2} = \frac{0,99 - 4 \cdot 0,141 + 3 \cdot 0,044}{2} = 0,147 \text{ м} - \text{расстояние от пустоты до торца};$$

$$\delta = \sum \delta_i = 0,01 + 0,03 + 0,06 + 0,22 = 0,32 \text{ м} - \text{общая толщина конструкции, м};$$

$$\delta_{4,2}^1 = a = 0,141 \text{ м} - \text{толщина воздушной прослойки};$$

$$\delta_{4,1}^1 = \delta_{4,3}^1 = \frac{\delta_4 - a}{2} = \frac{0,22 - 0,141}{2} = 0,0395 \text{ м} - \text{толщина железобетона};$$

$R_{4,2}^1 = 0,23 + \frac{0,24 - 0,23}{0,15 - 0,1} \cdot (0,141 - 0,1) = 0,238 \text{ м}^2 \text{С/Вт}$ - термическое сопротивление воздушной прослойки толщиной $\delta_{4,2}^1 = 0,141 \text{ м}$ при отрицательной температуре и потоке тепла сверху вниз (табл. Б.1.[1]).

Плоскостями, параллельными направлению теплового потока, условно разрезать эту часть на участки (рис.12 в). Определяем площадь и термическое сопротивление каждого участка:

$$F_{a1} = 0,32 \cdot (0,147 \cdot 2 + 0,044 \cdot 3) = 0,136 \text{ м}^2 - \text{площадь участков а1};$$

$$F_{a2} = 0,32 \cdot 0,141 \cdot 4 = 0,101 \text{ м}^2 - \text{площадь участков а2};$$

$R_{a1} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4,1}} = \frac{0,01}{0,63} + \frac{0,03}{0,76} + \frac{0,06}{0,041} + \frac{0,22}{1,92} = 1,633 \text{ м}^2 \text{С/Вт}$ - термическое сопротивление участков а1;

$$R_{a2} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{4,1}^1}{\lambda_{4,1}} + R_{4,2}^1 + \frac{\delta_{4,3}^1}{\lambda_{4,1}} = \frac{0,01}{0,63} + \frac{0,03}{0,76} + \frac{0,06}{0,041} + \frac{0,0395}{1,92} + 0,238 + \frac{0,0395}{1,92} = 1,798 \text{ м}^2 \text{С/Вт} - \text{термическое сопротивление участков а2}.$$

Определить термическое сопротивление конструкции $R_{ка}$:

$$R_{ка} = \frac{F_{a1} + F_{a2}}{\frac{F_{a1}}{R_{a1}} + \frac{F_{a2}}{R_{a2}}} = \frac{0,136 + 0,181}{\frac{0,136}{1,633} + \frac{0,181}{1,798}} = 1,723 \text{ м}^2 \text{С/Вт}$$

Плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, условно разрезать пустотную плиту на слои (рис 12г). Определяем термическое сопротивление каждого слоя:

$$R_{61} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,01}{0,63} = 0,016 \text{ м}^2 \text{С/Вт} - \text{термическое сопротивление 1-го слоя};$$

$$R_{62} = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,03}{0,76} = 0,039 \text{ м}^2 \text{С/Вт} - \text{термическое сопротивление 2-го слоя};$$

$$R_{63} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,06}{0,041} = 1,463 \text{ м}^2\text{С}\backslash\text{Вт} - \text{термическое сопротивление 3-го слоя};$$

$$R_{64} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,0395}{1,92} = 0,021 \text{ м}^2\text{С}\backslash\text{Вт} - \text{термическое сопротивление 4-го слоя};$$

$$F_{5,1} = 0,141 (0,044 \cdot 3 + 0,147 \cdot 2) = 0,060 \text{ м}^2 - \text{площадь 1-го участка 5-го слоя};$$

$$F_{5,2} = 0,141^2 \cdot 4 = 0,080 \text{ м}^2 - \text{площадь 2-го участка 5-го слоя};$$

$$R_{5,1} = 0,141 / 1,92 = 0,073 \text{ м}^2\text{С}\backslash\text{Вт} - \text{термическое сопротивление 1-го участка 5-го слоя};$$

$$R_{5,2} = R_{4,2} = 0,238 \text{ м}^2\text{С}\backslash\text{Вт} - \text{термическое сопротивление 2-го участка 5-го слоя};$$

$$R_{65} = \frac{F_{5,1} + F_{5,2}}{R_{5,1} + R_{5,2}} = \frac{0,060 + 0,080}{0,073 + 0,238} = 0,121 \frac{\text{м}^2\text{С}}{\text{Вт}} - \text{термическое сопротивление 5-го слоя};$$

$$R_{66} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,0395}{1,92} = 0,021 \text{ м}^2\text{С}\backslash\text{Вт} - \text{термическое сопротивление 6-го слоя};$$

Определить термическое сопротивление конструкции $R_{к6}$:

$$R_{к6} = \sum R_i = 0,016 + 0,039 + 1,463 + 0,021 + 0,121 + 0,021 = 1,681 \text{ м}^2\text{С}\backslash\text{Вт}$$

Так как $R_{ка} = 1,723 \text{ м}^2\text{С}\backslash\text{Вт}$ не превышает $R_{к6} = 1,681 \text{ м}^2\text{С}\backslash\text{Вт}$ более чем на 25 %, $\frac{|R_{ка} - R_{к6}|}{R_{ка}} \cdot 100\% = \frac{|1,723 - 1,681|}{1,723} \cdot 100\% = 0,24\% < 25\%$ термическое сопротивление ограждающей конструкции определяем по формуле (20):

$$R_i = \frac{1,723 + 2 \cdot 1,681}{3} = 1,695 \text{ м}^2\text{С}\backslash\text{Вт}$$

Сопротивление теплопередаче покрытия должно быть не менее нормативного сопротивления теплопередаче:

$\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{ м}^2\text{С})$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции (табл. 5.4 [1] п.1);

$\alpha_{н} = 12 \text{ Вт}/(\text{ м}^2\text{С})$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности для перекрытия над подвалам со световыми проемами в стенах, расположенных выше уровня земли (табл. 5.7 [1] п.3);

$R_{т,пола} = 1,853 \text{ м}^2\text{С}\backslash\text{Вт}$ - сопротивление теплопередачи конструкции пола (расчет 3.3)

$$R_{т,пола} = \frac{1}{8,7} + 1,695 + \frac{1}{12} = 1,893 \text{ м}^2\text{С}\backslash\text{Вт} > R_{н,тр} = 1,853 \text{ м}^2\text{С}\backslash\text{Вт}$$

Условие выполняется.

7.3 ПРИМЕР РАСЧЕТА НЕОДНОРОДНОГО ОГРАЖДЕНИЯ СТЕНЫ

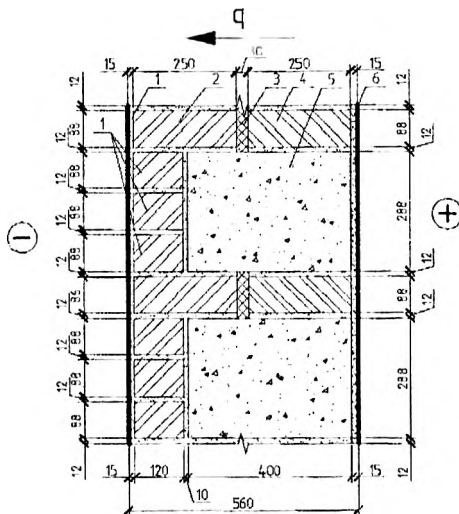


Рис. 13 – Конструкция стены жилого дома

Принимаем режим эксплуатации Б (по табл. 4.2 примечание).

1. Цементно-песчаный раствор:

- $\rho_1=1800 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_1=0,93 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ (табл. А.1 [1], п.39)

2. Кирпич силикатный с круглыми пустотами 250x120x88:

- $\rho_2=1600 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_2=1,28 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ (табл. А.1 [1], п.61)

3. Пенополистерол:

- $\rho_3=25 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_3=0,052 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ (табл. А.1 [1], п.110)

4. Кирпич глиняный КРЭУ 100/1350/25 ГОСТ 530-80:

- $\rho_4=1800 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_4=0,81 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ (табл. А.1 [1], п.52)

5. Мелкий газосиликатный блок:

- $\rho_5=600 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_5=0,19 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ (табл. А.1 [1], п.32)

6. Известково-песчаный раствор:

- $\rho_6=1600 \text{ кг/м}^3$ (по заданию)
- $\lambda_6=0,81 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ (табл. А.1 [1], п.41)

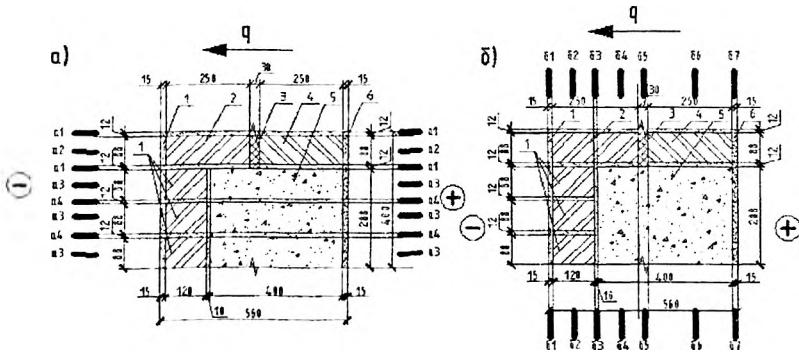


Рис. 14 – Рассчитываемый фрагмент неоднородной конструкции

Выбираем часть конструкции, которую необходимо рассматривать как неоднородную (рис. 14). Плоскостями, параллельными направлению теплового потока, условно разрезать эту часть на участки (рис.14 а). Определяем площадь и термическое сопротивление каждого участка:

$$F_{a1} = 0.012 \cdot 0.56 \cdot 2 - 0.013 \text{ м}^2 \text{ – площадь участков a1;}$$

$$F_{a2} = 0.088 \cdot 0.56 \cdot 1 - 0.049 \text{ м}^2 \text{ – площадь участков a2;}$$

$$F_{a3} = 0.088 \cdot 0.56 \cdot 3 - 0.148 \text{ м}^2 \text{ – площадь участков a3;}$$

$$F_{a4} = 0.012 \cdot 0.56 \cdot 2 - 0.013 \text{ м}^2 \text{ – площадь участков a4;}$$

$$R_{a1} = \frac{\delta_{1a1}}{\lambda_1} + \frac{\delta_{2a1}}{\lambda_3} + \frac{\delta_{3a1}}{\lambda_4} + \frac{\delta_{4a1}}{\lambda_5} = \frac{0.265}{0.93} + \frac{0.03}{0.052} + \frac{0.25}{0.93} + \frac{0.015}{0.81} = 1,149 \text{ м}^2 \text{С} \setminus \text{Вт} \text{ – термическое сопротивление участков a1;}$$

$$R_{a2} = \frac{\delta_{1a2}}{\lambda_1} + \frac{\delta_{2a2}}{\lambda_2} + \frac{\delta_{3a2}}{\lambda_7} + \frac{\delta_{4a2}}{\lambda_2} + \frac{\delta_{5a2}}{\lambda_6} = \frac{0.015}{0.93} + \frac{0.25}{1.28} + \frac{0.03}{0.052} + \frac{0.25}{0.81} + \frac{0.015}{0.81} = 1,116 \text{ м}^2 \text{С} \setminus \text{Вт} \text{ – термическое сопротивление участков a2;}$$

$$R_{a3} = \frac{\delta_{1a3}}{\lambda_1} + \frac{\delta_{2a3}}{\lambda_2} + \frac{\delta_{3a3}}{\lambda_1} + \frac{\delta_{4a3}}{\lambda_5} + \frac{\delta_{5a3}}{\lambda_6} = \frac{0.015}{0.93} + \frac{0.12}{1.28} + \frac{0.01}{0.93} + \frac{0.4}{0.19} + \frac{0.015}{0.81} = 2,244 \text{ м}^2 \text{С} \setminus \text{Вт} \text{ – термическое сопротивление участков a3;}$$

$$R_{a4} = \frac{\delta_{1a4}}{\lambda_1} + \frac{\delta_{2a4}}{\lambda_4} + \frac{\delta_{3a4}}{\lambda_1} = \frac{0.145}{0.93} + \frac{0.4}{0.19} + \frac{0.015}{0.81} = 2,280 \text{ м}^2 \text{С} \setminus \text{Вт} \text{ – термическое сопротивление участков a4.}$$

Определить термическое сопротивление конструкции $R_{\text{кв}}$:

$$R_{\text{кв}} = \frac{F_{a1} + F_{a2} + F_{a3} + F_{a4}}{\frac{F_{a1}}{R_{a1}} + \frac{F_{a2}}{R_{a2}} + \frac{F_{a3}}{R_{a3}} + \frac{F_{a4}}{R_{a4}}} = \frac{0.013 + 0.049 + 0.148 + 0.013}{\frac{0.013}{1.149} + \frac{0.049}{1.116} + \frac{0.148}{2.244} + \frac{0.013}{2.280}} = 1.755 \text{ м}^2 \text{С} \setminus \text{Вт}$$

Плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, условно разрезать пустотную шиту на слои (рис 146). Определяем термическое сопротивление каждого слоя:

$$R_{e1} = \frac{\delta_{01}}{\lambda_1} = \frac{0.015}{0.93} = 0,016 \text{ м}^{20}\text{C} \setminus \text{Вт} - \text{термическое сопротивление 1-го слоя};$$

$$F_{2,1} = 4 \cdot 0.088 \cdot 0.12 = 0.042 \text{ м}^2 - \text{площадь 1-го участка 2-го слоя};$$

$$F_{2,2} = 4 \cdot 0.012 \cdot 0.12 = 0.006 \text{ м}^2 - \text{площадь 2-го участка 2-го слоя};$$

$$R_{2,1} = 0.12/1.28 = 0,094 \text{ м}^{20}\text{C} \setminus \text{Вт} - \text{термическое сопротивление 1-го участка 2-го слоя};$$

$$R_{2,2} = 0.12/0.93 = 0,129 \text{ м}^{20}\text{C} \setminus \text{Вт} - \text{термическое сопротивление 2-го участка 2-го слоя};$$

$$R_{e2} = \frac{F_{2,1} + F_{2,2}}{F_{2,1} \cdot F_{2,2}} = \frac{0.042 + 0.006}{0.042 + 0.006} = 0,097 \frac{\text{м}^{20}\text{C}}{\text{Вт}} - \text{термическое сопротивление 2-го слоя};$$

$$R_{2,1} \quad R_{2,2} \quad 0,094 \quad 0,129$$

$$F_{3,1} = 0.088 \cdot 0.01 = 0.00088 \text{ м}^2 - \text{площадь 1-го участка 3-го слоя};$$

$$F_{3,2} = (0.012 + 0.288 + 0.012) \cdot 0.01 = 0.00312 \text{ м}^2 - \text{площадь 2-го участка 3-го слоя};$$

$$R_{3,1} = 0.01/1.28 = 0,00781 \text{ м}^{20}\text{C} \setminus \text{Вт} - \text{термическое сопротивление 1-го участка 3-го слоя};$$

$$R_{3,2} = 0.01/0.93 = 0,01075 \text{ м}^{20}\text{C} \setminus \text{Вт} - \text{термическое сопротивление 2-го участка 3-го слоя};$$

$$R_{e3} = \frac{F_{3,1} + F_{3,2}}{F_{3,1} + F_{3,2}} = \frac{0.00088 + 0.00312}{0.00088 + 0.00312} = 0,001 \frac{\text{м}^{20}\text{C}}{\text{Вт}} - \text{термическое сопротивление 3-го слоя};$$

$$R_{3,1} \quad R_{3,2} \quad 0,00781 \quad 0,01075$$

$$F_{4,1} = 0.088 \cdot 0.12 = 0.011 \text{ м}^2 - \text{площадь 1-го участка 4-го слоя};$$

$$F_{4,2} = (0.012 + 0.012) \cdot 0.12 = 0.003 \text{ м}^2 - \text{площадь 2-го участка 4-го слоя};$$

$$F_{4,3} = 0.288 \cdot 0.12 = 0.035 \text{ м}^2 - \text{площадь 3-го участка 4-го слоя};$$

$$R_{4,1} = 0.12/1.28 = 0,094 \text{ м}^{20}\text{C} \setminus \text{Вт} - \text{термическое сопротивление 1-го участка 4-го слоя};$$

$$R_{4,2} = 0.12/0.93 = 0,129 \text{ м}^{20}\text{C} \setminus \text{Вт} - \text{термическое сопротивление 2-го участка 4-го слоя};$$

$$R_{4,3} = 0.12/0.19 = 0,632 \text{ м}^{20}\text{C} \setminus \text{Вт} - \text{термическое сопротивление 3-го участка 4-го слоя};$$

$$R_{e4} = \frac{F_{4,1} + F_{4,2} + F_{4,3}}{F_{4,1} + F_{4,2} + F_{4,3}} = \frac{0.011 + 0.003 + 0.035}{0.011 + 0.003 + 0.035} = 0,253 \frac{\text{м}^{20}\text{C}}{\text{Вт}} - \text{термическое сопротивление 4-го слоя};$$

$$R_{4,1} \quad R_{4,2} \quad R_{4,3} \quad 0,094 \quad 0,129 \quad 0,632$$

ние 4-го слоя;

$$F_{5,1} = (0.012 + 0.088 + 0.012) \cdot 0.03 = 0.003 \text{ м}^2 - \text{площадь 1-го участка 5-го слоя};$$

$$F_{5,2} = 0.288 \cdot 0.03 = 0.009 \text{ м}^2 - \text{площадь 2-го участка 5-го слоя};$$

$$R_{5,1} = 0.03/0.052 = 0,577 \text{ м}^{20}\text{C} \setminus \text{Вт} - \text{термическое сопротивление 1-го участка 5-го слоя};$$

$$R_{5,2} = 0.03/0.19 = 0,158 \text{ м}^{20}\text{C} \setminus \text{Вт} - \text{термическое сопротивление 2-го участка 5-го слоя};$$

$$R_{e5} = \frac{F_{5,1} + F_{5,2}}{F_{5,1} + F_{5,2}} = \frac{0.003 + 0.009}{0.003 + 0.009} = 0,198 \frac{\text{м}^{20}\text{C}}{\text{Вт}} - \text{термическое сопротивление 5-го слоя};$$

$$R_{5,1} \quad R_{5,2} \quad 0,577 \quad 0,158$$

$F_{6,1}=0.088 \cdot 0.25=0.022 \text{ м}^2$ – площадь 1-го участка 6-го слоя;

$F_{6,2}=(0.012+0.012) \cdot 0.25=0.006 \text{ м}^2$ – площадь 2-го участка 6-го слоя;

$F_{6,3}=0.288 \cdot 0.25=0.072 \text{ м}^2$ – площадь 3-го участка 6-го слоя;

$R_{6,1}=0.25/0.81=0,309 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ – термическое сопротивление 1-го участка 6-го слоя;

$R_{6,2}=0.25/0.93=0,269 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ – термическое сопротивление 2-го участка 6-го слоя;

$R_{6,3}=0.25/0.19=1,316 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ – термическое сопротивление 3-го участка 6-го слоя;

$$R_{6,4} = \frac{\frac{F_{6,1}}{R_{6,1}} + \frac{F_{6,2}}{R_{6,2}} + \frac{F_{6,3}}{R_{6,3}}}{\frac{F_{6,1}}{R_{6,1}} + \frac{F_{6,2}}{R_{6,2}} + \frac{F_{6,3}}{R_{6,3}}} = \frac{0.022 + 0.006 + 0.072}{0.309 + 0.269 + 1.316} = 0.674 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$$
 – термическое сопротивление 6-го слоя;

ние 6-го слоя;

$$R_{6,7} = \frac{\delta_{167}}{\lambda_7} = \frac{0.015}{0.81} = 0,019 \text{ м}^2\text{°C} \setminus \text{Вт} - \text{термическое сопротивление 7-го слоя;}$$

Определить термическое сопротивление конструкции $R_{к6}$:

$$R_{к6} = \sum R_i = 0.016 + 0.097 + 0.001 + 0,253 + 0,198 + 0.674 + 0,019 = 1.267 \text{ м}^2\text{°C} \setminus \text{Вт}$$

Определяем термическое сопротивление ограждающей конструкции:

$$R_k = \frac{1.755 + 2 \cdot 1.267}{3} = 1.430 \text{ м}^2\text{°C} \setminus \text{Вт}$$

Так как $R_{к6}$ превышает R_k более, чем на 25%

$$\frac{|R_{к6} - R_k|}{R_{к6}} \cdot 100\% = \frac{|1.755 - 1.267|}{1.755} \cdot 100\% = 27.8\% > 25\%, \text{ для получения более точного ре-}$$

зультата требуется проведение экспериментальных исследований

Сопротивление теплопередаче покрытия должно быть не менее нормативного сопротивления теплопередаче:

$\alpha_n=8.7 \text{ Вт}/(\text{ м}^2\text{°C})$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции (табл. 5.4 [1] п.1);

$\alpha_n=23 \text{ Вт}/(\text{ м}^2\text{°C})$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности для перекрытия над подвалом со световыми проемами в стенах, расположенных выше уровня земли (табл. 5.7 [1] п.1);

$R_{т \text{ норм}}=2,0 \text{ м}^2\text{°C}/\text{Вт}$ – нормативное сопротивление теплопередачи для стен из штучных материалов (табл.5.1, п.1).

$$R_{т \text{ пола}} = \frac{1}{8,7} + 1.430 + \frac{1}{23} = 1.590 \text{ м}^2\text{°C} / \text{Вт} > R_{т \text{ ,нр}} = 2 \text{ м}^2\text{°C} / \text{Вт}$$

Условие не выполняется. Требуется дополнительное утепление конструкции

ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 45-2.04-43-2006 (02250). Строительная теплотехника / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь – Мн.: 2007. - 32с.
2. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / ГОССТРОЙ СССР – М.: 1988. – 35с.
3. Пособие 2.04.01-96 к СНБ 2.01.01. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь – Мн.: 1996. – 67с.
4. ГОСТ 21880-93. Маты прошивные из минеральной ваты теплоизоляционные. Технические условия / МНТКС – Мн.: 1993. – 14с.
5. ГОСТ 9573-96. Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные. Технические условия / МНТКС – Мн.: 1997. – 10с.
6. ГОСТ 22950-95. Плиты минераловатные повышенной жесткости на синтетическом связующем. Технические условия / МНТКС – Мн.: 1995. – 10с.
7. ГОСТ 15588-86. Плиты пенополистирольные. Технические условия. / ГОССТРОЙ СССР – М.: 1986. – 12с.
8. ГОСТ 20916-87. Плиты теплоизоляционные из пенопласта на основе резольных феноло-формальдегидных смол. Технические условия / ГОССТРОЙ СССР – М.: 1989. – 7с.
9. СТБ 1246-2005. Материалы теплоизоляционные из пенопласта на основе карбамидоформальдегидной смолы. Технические условия / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь – Мн.: 2005. – 8с.
10. СТБ 1495-2004. Изделия теплоизоляционные из пенополиуретана. Технические условия / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь – Мн.: 2005. – 5с.
11. ГОСТ 4598-86. Плиты древесноволокнистые технические условия / ГОССТРОЙ СССР – М.: 1986. – 11с.
12. ГОСТ 10632-89. Плиты древесностружечные. Технические условия / ГОССТРОЙ СССР – М.: 1996. – 14с.
13. СТБ 1554-2005. Плиты древесностружечные для строительства. Технические условия / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь – Мн.: 2005. – 11с.
14. СТБ 989-95. Плиты льнокостричные теплоизоляционные. Технические условия / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь – Мн.: 1995. – 10с.
15. СТБ 1117-98. Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь – Мн.: 1999. – 29с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ. 1. КОЭФФИЦИЕНТ, УЧИТЫВАЮЩИЙ ИЗМЕНЕНИЕ
СКОРОСТИ ДАВЛЕНИЯ ВЕТРА**

Табл.6.[2]

Высота z, м	Коэффициенты k для типов местности		
	А	В	С
<=5	0,75	0,5	0,4
10	1	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1
80	1,85	1,45	1,15
100	2	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8
250	2,65	2,3	2
300	2,75	2,5	2,2
350	2,75	2,75	2,35
>-480	2,75	2,75	2,75

А, Б, С – типы местности:

А — открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

В — городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

С — городские районы с 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 до 60 м и 2 км — при большей высоте.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

	Материалы и конструкции	Толщина слоя, мм	Сопротивление возду- хопроницанию, R ($m^2 \cdot ч Па$)/кг
1	Бетон сплошной	100	19620
2	Газосиликат сплошной	140	21
3	Известняк ракушечник	500	6
4	Картон строительный (без швов)	1,3	64
5	Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе	250 и более	18
6	Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе	120	2
7	Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-шлаковом растворе	250 и более	9
8	Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-шлаковом растворе	120	1
9	Кирпичная кладка из кирпича керамического пустотного на цементно-песчаном растворе	120	2
10	Кладка из легковесных камней на цементно-песчаном растворе	400	13
11	Кладка из легковесных камней на цементно-шлаковом растворе	400	1
12	Листы асбестоцементные с заделкой швов	6	196
13	Обшивка из обрезных досок, соединенных впритык или четверть	20-25	0,1
14	Обшивка из обрезных досок соединенных в шпунт	20-25	1,5
15	Обшивка из досок двойная с прокладкой между обшивками строительной бумаги	50	98
16	Обшивка из фибролита или из древесноволокнистых безцементных мягких плит с заделкой швов	15-70	2,5
17	Обшивка из фибролита или из древесноволокнистых безцементных мягких плит без заделки швов	15-70	0,5
18	Обшивка из жестких древесноволокнистых плит с заделкой швов	10	3,3
19	Обшивка из гипсовой сухой штукатурки с заделкой швов	10	20
20	Пенобетон автоклавный (без швов)	100	1960
21	Пенобетон неавтоклавный	100	196
22	Пенополистерол	50-100	79
23	Пеностекло сплошное	120	воздухопроницаемо
24	Плиты минераловатные жесткие	50	2
25	Рубероид	1,5	воздухопроницаем
26	Толь	1,5	490
27	Фанера клееная (без швов)	3-4	2940
28	Шлакобетон сплошной	100	13
29	Штукатурка цементно-песчаным раствором по каменной или кирпичной кладке	15	373
30	Штукатурка известковая по каменной или кирпичной кладке	15	142
31	Штукатурка известково-гипсовая по дереву	20	17

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Наименование материала	Плотность кг/м ³	Нормативный документ	Толщина, мм
Маты порошковые из минеральной ваты	50-135	ГОСТ 21880-93	40, 50, 60, 70, 80, 100, 120
Плиты из минеральной ваты	75	ГОСТ 9573-96	60; 70; 80; 90; 100; 110; 120
Плиты из минеральной ваты	125	ГОСТ 9573-96	50; 60; 70; 80; 90; 100
Плиты из минеральной ваты	175; 225	ГОСТ 9573-96	40; 50; 60; 70; 80
Плиты минераловатные повышенной жесткости	200	ГОСТ 22950-95	40; 50 60; 70 ;80
Плиты минераловатные повышенной жесткости гофрированной структуры	175; 200	ГОСТ 22950-95	50;60; 70;80; 90;100:
Плиты из пенополистерола	15; 25; 35; 50	ГОСТ 15588-86	от 20 до 500 с интервалом 10
Плиты из пенопласта на основе резольных фенолоформальдегидных смол	40-100	ГОСТ 20916-87	от 50 до 170 с интервалом 10
Изделия из пенопласта на основе карбамидоформальдегидной смолы	10; 20; 30; 40	СТБ 1246-2005	от 50 до 250 с интервалом 20
Изделия из пенополиуретана	30-60	СТБ 1495-2004	от 25 до 70 с интервалом 5
Плиты пенополистеролбетонные	150-350	СТБ 1102-2005	от 60 до 200 с интервалом 20
Древесноволокнистые плиты	100-400	ГОСТ 4598-86	8;12;16
Древесноволокнистые плиты	800-1100	ГОСТ 4598-86	2,5; 3,2; 4,0; 5,0
Древесностружечные плиты	550-820	ГОСТ 10632-85	от 8 до 28 с интервалом 1
Древесностружечные плиты	700-900	СТБ 1554-2005	от 16 до 22 с интервалом 1
Плиты льнокостричные	200;250	СТБ 989-95	25
Блоки стеновые из ячеистых бетонов	350-1100	СТБ 1117-98	100;120;200;250;300;400;500

Учебное издание

Составители:
Русак Николай Николаевич
Замойская Надежда Владимировна
Давыдюк Анна Иваповна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсовой работы

“ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЗДАНИЯ”

для студентов специальности 69 01 01 «Архитектура»

Ответственный за выпуск Русак Н.Н.
Редактор Строкач Т.В.
Компьютерная верстка Боровикова Е.А.
Корректор Никитчик Е.В.

Подписано к печати 28.09.2009 г. Формат 60x84 1/16. Бумага «Снегурочка».

Усл. п. л. 2,55. Уч.-изд. л. 2,75. Заказ № 891.

Тираж 50 экз. Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».

224017, г. Брест, ул. Московская, 267.