

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 17.12.2021 11:25:21
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра уникальных зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Т. Дюклянова
« 15 » 2017 г.



СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Методические указания к практическим занятиям по
дисциплине "Строительная физика" для студентов специальности
08.05.01

Курск 2017

УДК 621.1

Составитель: С.Ю. Савин

Рецензент

Доктор технических наук, профессор *В.И. Колчунов*

Строительная физика: методические указания по выполнению практических работ/Юго-Зап. гос. ун-т; С.Ю. Савин. - Курск, 2017. - 52 с.: ил.3, табл.11, прилож.3. - Библиогр.: с.27.

Методические указания содержат практические работы, направленные на освоение студентами рационального проектирования ограждающих конструкций зданий и сооружений различного типа в соответствии с требованиями к теплозащите и звукоизоляции зданий; рассмотрены принципы и порядок определения глубины заложения и ширины подошвы фундамента индивидуального жилого дома.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по направлению подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Предназначены студентам специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», изучающим дисциплину «Строительная физика».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.2017 . Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 1,92 . Уч.-изд.л. 1,74 . Тираж 100 экз. Заказ. 3604, Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическое занятие № 1. Определение требуемого сопротивления теплопередачи наружной стены	5
Практическое занятие № 2 Определение требуемого сопротивления теплопередачи чердачного перекрытия	14
Практическое занятие № 3. Определение требуемого сопротивления теплопередачи окон.....	17
Практическое занятие № 4. Защита ограждающей конструкции от переувлажнения.....	18
Ссылочные нормативные документы.....	27
Рекомендуемая литература.....	27
Приложение А. Нормируемые теплотехнические показатели строительных материалов и изделий.....	28
Приложение Б. Значения упругости насыщенного водяного пара e , Па, для различных значений температуры при $B = 100,7$ кПа.....	50
Приложение В. Сопротивление паропроницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции.....	52

Введение

На начальном этапе подготовки студентов по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» - важным элементом является изучение основ архитектуры и строительных конструкций с целью формирования начальных навыков проектирования зданий и сооружений. При этом необходимо как теоретическое, так и экспериментальное освещение вопросов проектирования строительных конструкций.

Основная цель изучения дисциплины заключается в знакомстве с основами и практикой проектирования гражданских зданий и их элементов, изучении теоретических понятий и практических приемов проектирования архитектурных конструкций зданий и сооружений; в изучении нормативной базы для расчёта строительных конструкций зданий и сооружений; в изучении основ инженерных методов расчёта и конструирования строительных конструкций зданий и сооружений.

В практике проектирования строительных конструкций зданий и сооружений возникает необходимость обеспечить требуемые параметры микроклимата помещений, создать комфортные условия жизнедеятельности и отдыха людей, запроектировать оптимальные оконные проемы с соответствующим заполнением для естественного освещения.

При выполнении данных практических работ студент приобретает навыки расчета ограждающих конструкций в области теплотехники, а также научится определять глубину заложения и ширину подошвы фундамента индивидуального жилого дома.

Практическое занятие № 1

Определение требуемого сопротивления теплопередачи наружной стены

1.1 Цель работы: необходимо запроектировать рациональную конструкцию стены с соблюдением требуемых СНиП 23-02 показателей «а» и «б» теплозащиты зданий и сооружений.

1.2 Содержание работы

Проектирование теплозащиты здания по показателям «а» и «б» выполняется в следующей последовательности:

- а) выбирают требуемые наружные климатические параметры;
- б) выбирают параметры воздуха из условий комфортности внутри здания в зависимости от назначения здания;
- в) определяют согласно п. 5.3 (или п. 5.4 – в зависимости от типа здания) СНиП 23-02 требуемое сопротивление теплопередаче R_{req} наружных стен в зависимости от градусо-суток D_d отопительного периода климатического района строительства;
- г) разрабатывают или выбирают конструктивные решения наружных ограждений; при этом для неоднородных ограждений определяют их приведенное сопротивление теплопередаче R_0^r (или используют сертифицированные значения приведенного сопротивления теплопередаче R_0^r для светопрозрачных конструкций), добиваясь выполнения условия $R_0^r \geq R_{req}$.
- д) проверяют, не превышает ли температурный перепад между температурой наружного воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции t_0 нормируемого значения t_n , определяемого в зависимости от типа здания и ограждающей конструкции по таблице 5 СНиП 23-02..

Климатические параметры

Расчетную температуру наружного воздуха t_{ext} , °С, следует принимать по средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 согласно таблице 1 СНиП 23-01(графа 5) для

соответствующего городского или сельского населенного пункта. При отсутствии данных для конкретного пункта расчетную температуру следует принимать для ближайшего населенного пункта, который указан в СНиП 23-01.

Продолжительность отопительного периода z_{ht} , сут, и среднюю температуру наружного воздуха t_{ht} , °С, в течение отопительного периода следует принимать согласно таблице 1 СНиП 23-01 (графы 13 и 14 – для медицинских и детских учреждений, графы 11 и 12 – в остальных случаях) для соответствующего города или населенного пункта. При отсутствии данных для конкретного пункта расчетные параметры отопительного периода следует принимать для ближайшего населенного пункта, который указан в СНиП 23-01. Величину градусо-суток D_d в течение отопительного периода следует вычислять по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})z_{ht}, \quad (1.1)$$

где t_{int} – расчетная температура воздуха внутри здания, °С.

Внутренние условия

Параметры воздуха внутри жилых и общественных зданий из условия комфортности следует определять для холодного периода года согласно таблице 1 СП 23-101 или таблице 1.1 данных указаний. Расчетная относительная влажность воздуха внутри жилых и общественных зданий должна быть не выше значений, приведенных в таблице 1 СП 23-101 или таблице 1.1 данных указаний.

Обеспеченность условий эксплуатации ограждающих конструкций следует устанавливать в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности следующим образом:

- определяют зону влажности (влажная, нормальная, сухая) согласно приложению В СНиП 23-02; при этом в случае попадания населенного пункта на границу зон влажности следует выбирать более влажную зону;

- определяют влажностный режим помещений (сухой, нормальный, влажный или мокрый) в зависимости от расчетной относительной влажности и температуры внутреннего воздуха в соответствии с п. 4.3 СНиП 23-02;

- устанавливают условия эксплуатации ограждающих конструкций (А, Б) в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности в соответствии с п. 4.4 СНиП 23-02.

Таблица 1.1 – Оптимальная температура и допустимая относительная влажность воздуха внутри здания для холодного времени года

№ п.п.	Тип здания	Температура воздуха внутри здания t_{int} , °С	Относительная влажность внутри здания ϕ_{int} , %, не более
1	Жилые	20-22	55
2	Поликлиники и лечебные учреждения	21-22	55
3	Дошкольные учреждения	22-23	55

Примечания

1 Для зданий, не указанных в таблице, температуру воздуха t_{int} , относительную влажность воздуха ϕ_{int} внутри зданий и соответствующую им температуру точки росы следует принимать согласно ГОСТ 30494 и нормам проектирования соответствующих зданий.

2 Параметры микроклимата специальных общеобразовательных школ-интернатов, детских дошкольных и оздоровительных учреждений следует принимать в соответствии с действующими санитарными правилами и нормами Министерства здравоохранения.

Температура внутренних поверхностей наружных ограждений здания, где имеются теплопроводные включения (диафрагмы, сквозные включения цементно-песчаного раствора или бетона, межпанельные стыки, жесткие соединения и гибкие связи в многослойных панелях, оконные обрамления и т.д.), в углах и в оконных откосах, не должна быть ниже, чем температура точки росы воздуха внутри здания t_d (таблица 3 СП 23-101 или таблица 1.2 данных указаний) при расчетной относительной влажности ϕ_{int} и расчетной температуре t_{int} внутреннего воздуха.

Таблица 1.2 – Температура точки росы воздуха внутри здания для холодного периода года

Тип здания	Температура точки росы t_d , °С
1. Жилые, школьные и другие общественные здания (кроме, приведенных в п. 2 и 3)	10,7 (11,6 в районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки минус 31 °С и ниже)
2. Поликлиники и лечебные учреждения	11,6
3. Детские дошкольные учреждения	12,6

Расчетные характеристики строительных материалов и конструкций

При проектировании теплозащиты используют следующие расчетные показатели строительных материалов и конструкций (для условий эксплуатации А или Б):

- коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С);
- термическое сопротивление воздушных прослоек $R_{a,l}$, м²·°С/Вт;
- сертифицированные значения приведенного сопротивления теплопередаче окон, балконных дверей, фонарей R_F^r , м²·°С/Вт.

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче

Наружные ограждающие конструкции зданий должны удовлетворять:

- требуемому сопротивлению теплопередаче R_{req} для однородных конструкций наружного ограждения – по R_0 , для неоднородных конструкций – по приведенному сопротивлению теплопередаче R_0^r с учетом коэффициента неоднородности γ по формуле 11 СП 23-101 (коэффициент γ определяется по формулам 12 и 14 СП 23-101), при этом должно соблюдаться условие:

$$R_0 \text{ (или } R_0^r \text{)} \geq R_{req};$$

– минимальной температуре, равной температуре точки росы t_d при расчетных условиях внутри помещения на всех участках внутренней поверхности ограждений с температурами τ_{\min} ; при этом должно соблюдаться условие $\tau_{\min} \geq t_d$.

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0' для наружных стен следует рассчитывать для фасада здания либо для одного промежуточного этажа с учетом откосов проемов без учета их заполнений с проверкой условия на невыпадение конденсата на участках в зонах теплопроводных включений.

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

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (1.2)$$

где δ – толщина слоя, м; λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$.

Термическое сопротивление ограждающей конструкции R_k , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, с последовательно расположенными однородными слоями следует определять как сумму термических сопротивлений отдельных слоев:

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{a.l}, \quad (1.3)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n – термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяемые по формуле (4); $R_{a.l}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, определяется согласно таблице 7 СП 23-101 или по таблице 1.3 данных указаний.

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

Таблица 1.3 – Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек

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

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

Сопротивление теплопередаче R_0 , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, однородной однослойной или многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями следует определять по формуле:

$$R_0 = R_{\text{int}} + R_k + R_{\text{ext}}, \quad (1.4)$$

$$R_{\text{int}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}}, \quad (1.5)$$

где α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, определяется по таблице 7 СНиП 23-02;

$$R_{\text{ext}} = \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}}, \quad (1.6)$$

где α_{ext} – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода года, Вт/(м²·°С), определяется или согласно таблице 8 СП 23-101 или по таблице 1.4 данных указаний.

Таблица 1.4 – Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода года

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, α_{ext} , Вт/(м ² °С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительно-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими, подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

При наличии в ограждающей конструкции прослойки, вентилируемой наружным воздухом, α_{ext} , равно 10,8 Вт/(м²·°С).

Проверяют условие $\Delta t_0 \leq \Delta t_n$ по формуле:

$$\Delta t_0 = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_0^g \cdot f \alpha_{int}}, \quad (1.7)$$

где Δt_n – нормативный температурный перепад, принимаемый согласно таблице 5 СНиП 23-02.

Если условие $\Delta t_0 \leq \Delta t_n$ не выполняется, то следует увеличить сопротивление теплопередаче до значения, обеспечивающего это условие.

Температуру внутренней поверхности τ_{sint} , °С, однородной однослойной или многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями следует определять по формуле:

$$\tau_{sint} = t_{int} - \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_0 \alpha_{int}},$$

(1.8)

где n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 6 СНиП 23-02.

1.3 Порядок выполнения работы

Каждый студент получает индивидуальное задание, в котором указываются населенный пункт, назначение и конструктивное решение здания. В соответствии с исходными данными необходимо подобрать толщину утеплителя и выполнить проверку обеспечения показателей «а» и «б» теплозащиты зданий и сооружений.

Пример расчета. Исходные данные: район строительства – г. Орел; здание – жилое, панельное. Техэтаж и подполье неотапливаемые, кровля из штучных материалов, подвал со световыми проемами в стенах. Утеплитель стен – пенополистирол, утеплитель чердачного перекрытия – минераловатные плиты.

По СНиП 23-01 определяем следующие характеристики:

Расчетная температура наружного воздуха (температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92) $t_{ext} = -26$ °С.

Продолжительность отопительного периода (продолжительность периода со средней температурой ≤ 8 °C) $z_{ht} = 205$ сут.

Средняя температура отопительного периода (средняя температура воздуха периода со средней температурой ≤ 8 °C) $t_{ht} = -2,7$ °C.

По СНиП 23-02 определяем: зона влажности – нормальная, условия эксплуатации – Б.

Последовательность теплотехнического расчета стены:

Определяем требуемое сопротивление теплопередаче:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})z_{ht} = (20 + 2,7) \cdot 205 = 4654 \text{ °C} \cdot \text{сут},$$

$$R_{req} = aD_d + b = 0,00035 \cdot 4654 + 1,4 = 3,03 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Конструируем наружную стену (рисунок 1.1) и определяем ее параметры (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Характеристика наружной стены

Материал слоя	ρ_0 , кг/м ³	λ , Вт /(м·°C)	δ , м	$R = \delta/\lambda$, м ² ·°C/Вт
1 Наружный железобетонный слой	2500	2,04	0,065	0,032
2 Теплоизоляционный слой – пенополистирол (ГОСТ 15588)	40	0,05	0,19	3,800
3 Внутренний железобетонный слой	2500	2,04	0,1	0,049
$R_k = \Sigma R =$				3,881

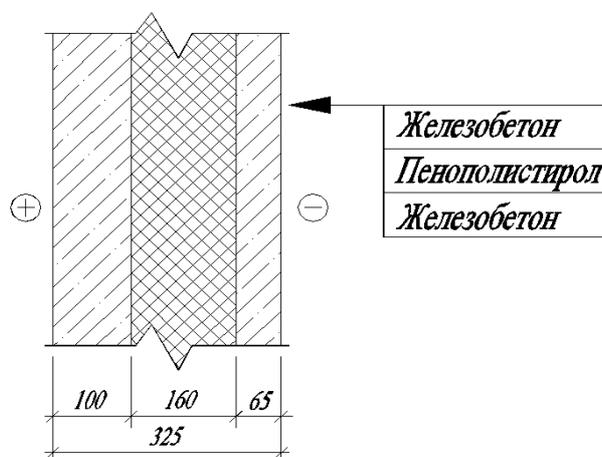


Рисунок 1.1 – Конструкция наружной стены

В таблице 1.5 толщину утеплителя определяем по формуле:

$$\delta_2 = \left(\frac{R_{req}}{r} - \frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{1}{\alpha_{ext}} - R_1 - R_3 \right) \cdot \lambda_2 = \left(\frac{3,03}{0,75} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} - 0,032 - 0,049 \right) \cdot 0,05 = 0,190 \text{ м,}$$

где $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций; $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции; $r = 0,75$ – коэффициент теплотехнической однородности железобетонной трехслойной панели.

В соответствии с ГОСТ 15588 принимаем толщину утеплителя 190 мм.

Определяем условное сопротивление теплопередаче наружной стены R_w^{con} :

$$R_w^{con} = \frac{1}{\alpha_{int}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + 3,881 + \frac{1}{23} = 4,04 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт},$$

где R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции.

Определяем приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены с учетом наличия стыков из железобетона R_w^r :

$$R_w^r = R_w^{con} \cdot r = 4,04 \cdot 0,75 = 3,03 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} = R_{req} = 3,03 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Температурный перепад Δt_0 :

$$\Delta t_0 = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_w^r \alpha_{int}} = \frac{1 \cdot (20 + 26)}{3,03 \cdot 8,7} = 1,7 \text{ °C} \leq \Delta t_n = 4,0 \text{ °C}.$$

Поскольку условия соблюдается, принятая конструкция стены является удовлетворительной.

Практическое занятие № 2

Определение требуемого сопротивления теплопередаче конструкции чердачного перекрытия

2.1 Цель работы: необходимо запроектировать рациональную конструкцию чердачного перекрытия с соблюдением требуемых СНиП 23-02 показателей «а» и «б» теплозащиты зданий и сооружений.

2.2 Порядок выполнения работы

Каждый студент получает индивидуальное задание, в котором указываются населенный пункт, назначение и конструктивное решение здания. В соответствии с исходными данными необходимо подобрать толщину утеплителя и выполнить проверку обеспечения показателей «а» и «б» теплозащиты зданий и сооружений.

Пример расчета. Исходные данные: район строительства – г. Орел; здание – жилое, панельное. Техэтаж и подполье неотапливаемые, кровля из штучных материалов, подвал со световыми проемами в стенах. Утеплитель стен – пенополистирол, утеплитель чердачного перекрытия – минераловатные плиты.

По СНиП 23-01 определяем следующие характеристики:

Расчетная температура наружного воздуха (температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92) $t_{ext} = -26\text{ °C}$.

Продолжительность отопительного периода (продолжительность периода со средней температурой $\leq 8\text{ °C}$) $z_{ht} = 205\text{ сут}$.

Средняя температура отопительного периода (средняя температура воздуха периода со средней температурой $\leq 8\text{ °C}$) $t_{ht} = -2,7\text{ °C}$.

По СНиП 23-02 определяем: зона влажности – нормальная, условия эксплуатации – Б.

Последовательность теплотехнического расчета чердачного перекрытия:

Определяем требуемое сопротивление теплопередаче:

$$R_{req} = aD_d + b = 0,00045 \cdot 4654 + 1,9 = 3,99\text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Конструируем чердачное перекрытие (рисунок 2.1) и определяем его параметры (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Характеристика чердачного перекрытия

Материал слоя	ρ_0 , кг/м ³	λ , Вт/(м·°С)	δ , м	$R = \delta/\lambda$, м ² ·°С/Вт
1 Железобетонный слой	2500	2,04	0,2	0,098
2 Цементно-песчаный раствор	1800	0,93	0,015	0,016
3 Теплоизоляционный слой – жесткие минераловатные плиты (ГОСТ 9573)	200	0,08	0,3	3,75
4 Пароизоляция из поливинилхлоридной пленки	–	–	–	–
5 Цементно-песчаный раствор	1800	0,93	0,05	0,054
			$R_k =$	3,918
			$\Sigma R =$	

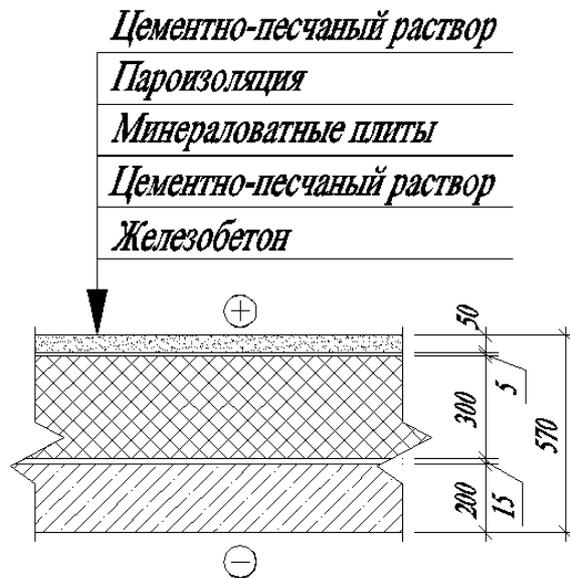


Рисунок 2.1 – Конструкция чердачного перекрытия

В таблице 1.6 толщину утеплителя определяем по формуле:

$$\delta_3 = \left(R_{req} - \frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{1}{\alpha_{ext}} - R_1 - R_2 - R_5 \right) \cdot \lambda_3 = \left(3,99 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{12} - 0,098 - 0,016 - 0,054 \right) \cdot 0,08 = 0,290 \text{ м,}$$

где $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$; $\alpha_{ext} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$.

В соответствии с ГОСТ 9573 принимаем толщину утеплителя 300 мм.

Определяем сопротивление теплопередаче перекрытия R_c :

$$R_c = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = \frac{1}{8,7} + 3,918 + \frac{1}{12} = 4,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт},$$

$$R_c = 4,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_{\text{req}} = 3,99 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Температурный перепад Δt_0 :

$$\Delta t_0 = \frac{n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R_c \alpha_{\text{int}}} = \frac{1 \cdot (20 + 26)}{4,12 \cdot 8,7} = 1,3 \text{ °C} \leq \Delta t_n = 3,0 \text{ °C}.$$

Поскольку условия соблюдаются, принятая конструкция перекрытия является удовлетворительной.

Практическое занятие № 3

Определение требуемого сопротивления теплопередачи окон

3.1 Цель работы: необходимо запроектировать рациональную конструкцию окон с соблюдением требуемых СНиП 23-02 показателей «а» и «б» теплозащиты зданий и сооружений.

3.2 Порядок выполнения работы

Каждый студент получает индивидуальное задание, в котором указываются населенный пункт, назначение и конструктивное решение здания. В соответствии с исходными данными необходимо подобрать толщину утеплителя и выполнить проверку обеспечения показателей «а» и «б» теплозащиты зданий и сооружений.

Пример расчета. Исходные данные: район строительства – г. Орел; здание – жилое, панельное. Техэтаж и подполье неотапливаемые, кровля из штучных материалов, подвал со световыми проемами в стенах. Утеплитель стен – пенополистирол, утеплитель чердачного перекрытия – минераловатные плиты.

По СНиП 23-01 определяем следующие характеристики:

Расчетная температура наружного воздуха (температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92) $t_{ext} = -26 \text{ }^\circ\text{C}$.

Продолжительность отопительного периода (продолжительность периода со средней температурой $\leq 8 \text{ }^\circ\text{C}$) $z_{ht} = 205$ сут.

Средняя температура отопительного периода (средняя температура воздуха периода со средней температурой $\leq 8 \text{ }^\circ\text{C}$) $t_{ht} = -2,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

По СНиП 23-02 определяем: зона влажности – нормальная, условия эксплуатации – Б.

Последовательность теплотехнического расчета окон и балконных дверей

Определяем требуемое сопротивление теплопередаче:

$$R_{req} = aD_d + b = 0,000075 \cdot 4654 + 0,15 = 0,50 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт} .$$

Принимаем двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете из обычного стекла (с межстекольным расстоянием 12 мм) в ПВХ переплетах (приложение Г) – $R_F = 0,54 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт} .$

Практическое занятие № 4

Защита ограждающей конструкции от переувлажнения

4.1 Цель работы: проверить соответствие требованиям СНиП 23-02 сопротивлению паропрооницанию наружной стены, конструкция которой подобрана в лабораторной работе № 1.

4.2 Содержание работы

Расчет нормируемого сопротивления паропрооницанию ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) производят по СНиП 23-02 с учетом следующих требований.

Сопротивление паропрооницанию R_{vp}^i , м²·ч·Па/мг, ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) должно быть не менее наибольшего из следующих нормируемых сопротивлений паропрооницанию:

а) нормируемого сопротивления паропрооницанию R_{vpl}^{req} , м²·ч·Па/мг (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле:

$$R_{vpl}^{req} = (e_{int} - E) R_{vp}^e / (E - e_{ext}), \quad (4.1)$$

б) нормируемого сопротивления паропрооницанию R_{vp2}^{req} , м²·ч·Па/мг (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле:

$$R_{vp2}^{req} = \frac{0,0024z_0(e_{int} - E_0)}{\rho_w \delta_w \Delta w_{av} + \eta} \quad (4.2)$$

где e_{int} - парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетной температуре и относительной влажности этого воздуха, определяемое по формуле:

$$e_{int} = (\varphi_{int} / 100) E_{int}, \quad (4.3)$$

где E_{int} - парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре t_{int} , принимается по таблицам С.1 и С.2 приложения С СП 23-101;

φ_{int} - относительная влажность внутреннего воздуха; R_{vp}^e - сопротивление паропрооницанию, м²·ч·Па/мг, части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью возможной конденсации;

e_{ext} - среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, за годовой период, определяемое по таблице 5а* СНиП 23-01;

z_0 - продолжительность, сут, периода влагонакопления, принимаемая равной периоду с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха по таблице 3 СНиП 23-01;

E_0 - парциальное давление водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации, определяемое при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными средними месячными температурами согласно указаниям примечаний к этому пункту;

ρ_w - плотность материала увлажняемого слоя, кг/м³;

δ_w - толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции, м, принимаемая равной 2/3 толщины однородной (однослойной) стены или толщине теплоизоляционного слоя (утеплителя) многослойной ограждающей конструкции;

Δw_{av} - предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя, %, за период влагонакопления z_0 , принимаемое по таблице 12 СНиП 23-02;

E - парциальное давление водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации, определяемое по формуле:

$$E = (E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3) / 12, \quad (4.4)$$

где E_1, E_2, E_3 парциальное давление водяного пара, Па, принимаемое по температуре в плоскости возможной конденсации, устанавливаемой при средней температуре наружного воздуха соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов, определяемое согласно указаниям примечаний к этому пункту;

z_1, z_2, z_3 - продолжительность, мес, зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов года, определяемая по таблице 3* СНиП 23-01 с учетом следующих условий:

- а) к зимнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха ниже минус 5 °С;
- б) к весенне-осеннему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха от минус 5 до плюс 5 °С;
- в) к летнему периоду относятся месяцы со средними температурами воздуха выше плюс 5 °С;
- η – коэффициент, определяемый по формуле

$$\eta = 0,0024(E_0 - e_0^{ext})z_0 / R_{vp}, \quad (4.5)$$

Где e_0^{ext} - среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, определяемыми согласно своду правил.

Парциальные давления насыщенного водяного пара E_0, E_1, E_2, E_3 , Па, принимают для помещений без агрессивной среды согласно таблицам С.1 и С.2 приложения С СП 23-101 или по таблицам Б.1 и Б.2 приложения Б данных указаний в зависимости от температуры в плоскости возможной конденсации τ_c , определяемой при средней температуре наружного воздуха соответственно холодного, переходного, теплого периодов и периода месяцев с отрицательными средними месячными температурами по формуле:

$$\tau = t_{int} - \left[(t_{int} - t_{ext}) / R_0 \right] (R_{int} + \Sigma R), \quad (4.6)$$

где t_{int} , t_{ext} - расчетные температуры соответственно внутреннего и наружного воздуха (среднесезонная или средняя за период влагонакопления), °С; R_0 - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°С/Вт;

$$R_{int} = 1/\alpha_{int}, \quad (4.7)$$

ΣR - сумма термических сопротивлений слоев конструкции, расположенных между внутренней поверхностью и плоскостью возможной конденсации, м²·°С/Вт.

Независимо от результатов расчета нормируемые сопротивления паропроницанию $R_{vp}^{req}_1$ и $R_{vp}^{req}_2$ (в пределах от внутренней

поверхности до плоскости возможной конденсации) во всех случаях должны приниматься не более $5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$.

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

$$R_{vp} = \delta / \mu, \quad (4.8)$$

где δ - толщина слоя ограждающей конструкции, м; μ - расчетный коэффициент паропроницаемости материала слоя ограждающей конструкции, $\text{мг} / (\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$, принимаемый по приложению А данных указаний.

Сопротивление паропроницанию многослойной ограждающей конструкции (или ее части) равно сумме сопротивлений паропроницанию составляющих ее слоев.

Примечания:

1. Парциальное давление водяного пара E_1, E_2, E_3, E_0 , и для ограждающих конструкций помещений с агрессивной средой следует принимать с учетом агрессивной среды.

2. При определении парциального давления E_3 для летнего периода температуру в плоскости возможной конденсации во всех случаях следует принимать не ниже средней температуры наружного воздуха летнего периода, парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха

E_{inf} - не ниже среднего парциального давления водяного пара наружного воздуха за этот период.

Плоскость возможной конденсации в однородной (однослойной) ограждающей конструкции располагается на расстоянии, равном $2/3$ толщины конструкции от ее внутренней поверхности, а в многослойной конструкции совпадает с наружной поверхностью утеплителя.

Не требуется проверять на выполнение данных условий по паропроницанию следующие ограждающие конструкции:

а) однородные (однослойные) наружные стены помещений с сухим

и нормальным режимами;

б) двухслойные наружные стены помещений с сухим и нормальным режимами, если внутренний слой стены имеет сопротивление паропроницанию более $1,6 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$.

Сопротивление паропроницанию R_{vp} листовых материалов и тонких слоев пароизоляции следует принимать по приложению В.

3. Сопротивление паропроницанию воздушных прослоек в ограждающих конструкциях следует принимать равным нулю независимо от расположения и толщины этих прослоек.

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

4.3 Порядок выполнения работы

Каждый студент проверяет по требованиям паропроницания конструкцию наружной стены, разработанную в практической работе № 1.

Пример расчета. Определить возможность конденсатообразования и накопления влаги внутри многослойной стены производственного здания. Место строительства – г. Тверь. Расчетная температура и влажность внутреннего воздуха $t_{\text{int}} = 18^\circ\text{C}$, $\phi_{\text{int}} = 60\%$.

Конструкцию и теплотехнические характеристики материалов панели см. рисунок 4.1.

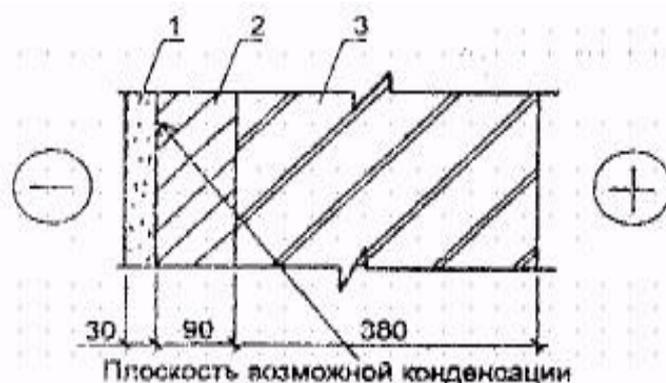


Рисунок 4.1 – Конструкция многослойной стены с минераловатной теплоизоляцией: 1 - цементно-песчаная стяжка

($\lambda_1=0,76$ Вт/(м·°С); $\mu_1 = 0,09$ мг/(м·ч·Па)); 2 - минераловатная плита на битумной связке ($\rho=150$ кг/м³ , $\lambda_2 =0,075$ Вт/(м·°С, $\mu_2 = 0,525$ мг/(м·ч·Па)); 3 - кирпичная кладка ($\lambda_3 =0,81$ Вт/(м·°С); $\mu_3 = 0,11$ мг/(м·ч·Па)).

Коэффициент однородности $r=0,95$. Сопротивление теплопередачи стены $R_0=1,9$ м²·°С/Вт.

Климатические параметры:

- продолжительность со среднесуточной температурой $\leq 0^\circ\text{C}$; $z_0=146$ сут (СНиП 23-01, таблица 1);
- значения среднемесячных температур и давления водяных паров наружного воздуха (таблица 4.1), определяем по СНиП 23-01, таблицы 3 и 5а*.

Таблица 4.1. Значения среднемесячных температур и давления водяных паров наружного воздуха

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_{ext}, ^\circ\text{C}$	-10,5	-9,4	-4,6	+4,1	11,2	15,7	17,3	15,8	10,2	4,0	-1,3	-6,6
e_{ext} , гПа	2,8	2,9	3,8	6,1	9,0	12,4	14,7	13,9	10,3	7,1	5,0	3,7

- среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, за годовой период, (таблица 5а СНиП 23-01); $e_{ext} = 760$ Па.

Последовательность расчета наружной стены по паропрооницанию:

Определяем сопротивления паропрооницанию слоев конструкции от наружной и внутренней поверхностей до плоскости возможной конденсации:

$$R_{vp}^e = R_{vp,1} = \frac{\delta_1}{\mu_1} = \frac{0,03}{0,09} = 0,33 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг};$$

$$R_{vp}^i = R_{vp,2} + R_{vp,3} = \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,09}{0,525} + \frac{0,38}{0,11} = 3,62 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$$

Сопротивление теплопередаче слоев стены от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации с учетом коэффициента однородности конструкции:

$$R_0^i = (R_2 + R_3) \cdot r + \frac{1}{\alpha_{int}} = \left(\frac{0,09}{0,075} + \frac{0,38}{0,81} \right) \cdot 0,95 + \frac{1}{8,7} = 1,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Определяем продолжительность сезонов и среднемесячные температуры по СНиП 23-01.

Зима (январь, февраль, декабрь):

$$z_1 = 3 \text{ мес.}; t_{ext,1} = (-10,5 - 9,4 - 6,6) / 3 = -8,8 \text{°C}.$$

Весна — осень (март, апрель, октябрь, ноябрь):

$$z_2 = 4 \text{ мес.}; t_{ext,2} = (-4,6 + 4,1 + 4,0 - 1,8) / 4 = 0,43 \text{°C}.$$

Лето (май, июнь, июль, август, сентябрь):

$$z_3 = 5 \text{ мес.}; t_{ext,3} = (11,2 + 15,7 + 17,3 + 15,8 + 10,2) / 5 = 14,0 \text{°C}$$

Определяем для этих средних температур значение температуры в плоскости возможной конденсации:

$$\tau_1 = t_{int} - (t_{int} - t_{ext}) R_0^i / R_0 = 18 - (18 + 8,8) \cdot 1,7 / 1,9 = -6,0 \text{°C};$$

$$\tau_2 = 18 - (18 - 0,43) \cdot 1,7 / 1,9 = 2,3 \text{°C};$$

$$\tau_3 = 18 - (18 - 14) \cdot 1,7 / 1,9 = 14,4 \text{°C};$$

Находим соответствующие температуре τ значения упругости водяного пара (приложение Б):

$$E_1 = 366 \text{ Па}; E_2 = 721 \text{ Па}; E_3 = 1640 \text{ Па} .$$

Находим среднее значение упругости водяного пара за год:

$$E = \frac{E_1 z_1 + E_2 z_2 + E_3 z_3}{12} = \frac{366 \cdot 3 + 721 \cdot 4 + 1640 \cdot 5}{12} = 1015 \text{ Па} .$$

Определяем значения e_{int} :

$$e_{\text{int}} = 0,01 E_{\text{int}} \varphi = 0,01 \cdot 2063 \cdot 60 = 1237,8 \text{ Па при } \varphi = 60\%$$

Определяем:

$$R_{\text{vp1}}^{\text{req}} = \frac{(e_{\text{int}} - E) R_{\text{vp}}^e}{(E - e_{\text{ext}})} = \frac{(1237,8 - 1015) \cdot 0,33}{(1015 - 760)} = 0,25 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг} < R_{\text{vp}}^i = 3,62 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$$

т.е. из условия недопустимости накопления влаги за годовой период дополнительной пароизоляции не требуется.

Проверяем условие ограничения влаги в стене за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха.

Для этого находим упругость водяного пара наружного воздуха за период z_0 :

$$e_0^{\text{ext}} = (280 + 290 + 380 + 500 + 370) / 5 = 364 \text{ Па}.$$

Средняя температура наружного воздуха за тот же период:

$$t_{\text{ext}} = (-10,5 - 9,4 - 4,6 - 1,3 - 6,6) / 5 = -6,6^\circ \text{C} .$$

Температура внутренней поверхности стены:

$$\tau_0 = t_{\text{int}} - (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) R_0^i / R_0 = 18 - (18 + 6,6) \cdot 1,7 / 1,9 = -4,0^\circ \text{C};$$

этой температуре соответствует $E_0 = 437$ Па.

$$\rho_w = \rho_{\text{ym}} = 150 \text{ кг/м}^3; \delta_w = \delta_{\text{ym}} = 0,09 \text{ м}; \Delta w_{\text{av}} = 3\% .$$

$$\eta = \frac{0,0024(E_0 - e_0^{\text{ext}}) z_0}{R_{\text{vp}}^e} = \frac{0,0024(437 - 364) \cdot 146}{0,33} = 77,5 .$$

$$R_{\text{vp2}}^{\text{req}} = \frac{0,0024 z_0 (e_{\text{int}} - E_0)}{\rho_w \delta_w \Delta w_{\text{av}} + \eta} = \frac{0,0024 \cdot 146 (1237,8 - 437)}{150 \cdot 0,09 \cdot 3 + 77,5} = 2,38 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг} < R_{\text{vp}}^i = 3,62 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг} .$$

Вывод: устройство пароизоляции между несущим и теплоизоляционным слоями не требуется.

ГОСТ 28013-98* Растворы строительные. Общие технические условия

ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

ГОСТ 13580-85 Плиты железобетонные ленточных фундаментов. Технические условия

Рекомендуемая литература

1. Архитектурная физика [Текст] / под. ред. Н. В. Оболенского. –

М.: Стройиздат, 2001. – 448 с.

2. Блази, В. Справочник проектировщика. Строительная физика [Текст] / В. Блази. – М.: Техносфера, 2004. – 480 с.

3. Михеев, А.П. Проектирование зданий и застройки населенных мест с учетом климата и энергосбережения [Текст] / А.П. Михеев, А.М. Береговой, Л.Н. Петрянина. – М.: Из-во Ассоциации строительных ВУЗов, 2002. – 162 с.

4. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий [Текст] / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 186 с.

5. СП 22.13330.2011 Основание зданий и сооружений.

6. СНиП 23.01-99. Строительная климатология [Текст] - М.: Госстрой РФ, 1999.

7. СНиП 23.02-2003. (СП 55.13330.2011) Тепловая защита зданий. -М.: Госстрой РФ, 2003.

Приложение А

Нормируемые теплотехнические показатели строительных материалов и изделий

Таблица А.1

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02) w, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02)				
		Плотность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°С)	Коэффициент теплопроводности λ_0 , Вт/(м·°С)			теплопроводности λ , Вт/(м·°С)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°С)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
I Теплоизоляционные материалы (ГОСТ 1 6381)											
<i>А Полимерные</i>											
1	Пенополистирол фирмы БАСФ Стиропор PS15	15	1,34	0,039	2	10	0,040	0,044	0,25	0,29	0,035
2	То же PS20	20	1,34	0,037	2	10	0,038	0,042	0,28	0,33	0,030
3	» PS30	30	1,34	0,035	2	10	0,036	0,040	0,33	0,39	0,030
4	Пенополистирол	150	1,34	0,05	1	5	0,052	0,06	0,89	0,99	0,05
5	»	100	1,34	0,041	2	10	0,041	0,052	0,65	0,82	0,05
6	Пенополистирол(ГОСТ 15588)	40	1,34	0,038	2	10	0,041	0,05	0,41	0,49	0,05
7	Пенопласт ПХВ-1 и ПВ1	125	1,26	0,052	2	10	0,06	0,064	0,86	0,99	0,23

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02) w, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02)				
		Плотность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	
8	То же	100 и менее	1,26	0,041	2	10	0,05	0,052	0,068	0,8	0,23
<i>Б Минераловатные (ГО СТ 4640), стекловолокнистые, пеностекло, газостекло</i>											
9	Маты минераловатные прошивные (ГОСТ 21880) и на синтетическом связующем (ГОСТ 9573)	125	0,84	0,056	2	5	0,064	0,07	0,73	0,82	0,30
10	То же	75	0,84	0,052	2	5	0,06	0,064	0,55	0,61	0,49
11	»	50	0,84	0,048	2	5	0,052	0,06	0,42	0,48	0,53

12	Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующих (ГОСТ 9573, ГОСТ 10140, ГОСТ 22950)	350	0,84	0,091	2	5	0,09	0,11	1,46	1,72	0,38
13	То же	300	0,84	0,084	2	5	0,087	0,09	1,32	1,44	0,41

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02) w, %	Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02)					
		Плотность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ_0 , Вт/(м·°C)		теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	
						А	Б	А	Б		А, Б
14	»	200	0,84	0,07	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,49

15	»	100	0,84	0,056	2	5	0,06	0,07	0,64	0,73	0,56
16	»	50	0,84	0,048	2	5	0,052	0,06	0,42	0,48	0,6
17	Плиты минераловатные повышенной жесткости на органофосфатном связующем	200	0,84	0,064	1	2	0,07	0,076	0,94	1,01	0,45
18	Плиты полужесткие минераловатные на крахмальном связующем	200	0,84	0,07	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,38
19	То же	125	0,84	0,056	2	5	0,06	0,064	0,70	0,78	0,38
20	Плиты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем (ГОСТ 10499)	50	0,84	0,056	2	5	0,06	0,064	0,44	0,5	0,6

21	Маты и полосы из стеклянного волокна прошивные	150	0,84	0,061	2	5	0,064	0,07	0,8	0,9	0,53
----	---	-----	------	-------	---	---	-------	------	-----	-----	------

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массовое отноше- ние влаги в материале (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02) w, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02)					
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теп- лоем- кость c_0 , кДж/(кг· °C)	Коэффициент тепло- провод- ности λ_0 , Вт/ (м·°C)			теплопро- водности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемости μ , мг/(м·ч·П а)	
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б	
22	Пеностекло или газостекло	400	0,84	0,11	1	2	0,12	0,14	1,76	1,94	0,02	
23	То же	300	0,84	0,09	1	2	0,11	0,12	1,46	1,56	0,02	
24	»	200	0,84	0,07	1	2	0,08	0,09	1,01	1,1	0,03	
<i>В Засыпки</i>												

25	Гравий керамзитовый (ГОСТ 9757)	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,23	3,36	3,6	0,21
26	То же	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,2	2,62	2,91	0,23
27	»	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
28	»	300	0,84	0,108	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
29	Гравий шунгизитовый (ГОСТ 9757)	800	0,84	0,16	2	4	0,2	0,23	3,28	3,68	0,21
30	То же	600	0,84	0,13	2	4	0,16	0,2	2,54	2,97	0,22
31	»	400	0,84	0,11	2	4	0,13	0,14	1,87	2,03	0,23

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массовое отноше- ние влаги в материале (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02)	Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02)		
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теп- лоем- кость c_0 , кДж/(кг· °С)	Коэффициент тепло- провод- ности λ_0 , Вт/ (м·°С)		теплопро- водности λ , Вт/(м·°С)	теплоусвоения (при периоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°С)	паропро- ницаемости μ , мг/(м·ч·Па)

					w, %						
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
32	Щебень из доменного шлака (ГОСТ 5578), шлаковой пемзы и аглопорита (ГОСТ 9757)	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,21
33	То же	600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,7	2,98	0,23
34	»	400	0,84	0,12	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,24
35	Щебень и песок из перлита вспученного (ГОСТ 10832)	600	0,84	0,11	1	2	0,111	0,12	2,07	2,2	0,26
36	То же	400	0,84	0,076	1	2	0,087	0,09	1,5	1,56	0,3
37	»	200	0,84	0,064	1	2	0,076	0,08	0,99	1,04	0,34
38	Песок для	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17

	строительных работ (ГОСТ 8736)										
<i>Г Теплые ра створы (ГОСТ 2 8013)</i>											
39	Цементно-шлаковый	1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11
40	То же	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
41	Цементно-перлитовый	1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,3	4,64	5,42	0,15

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02) w, %	Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02)					
		Плотность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°С)	Коэффициент теплопроводности λ_0 , Вт/(м·°С)		теплопроводности λ , Вт/(м·°С)		Теплоусвоения (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°С)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	
						А	Б	А	Б		А, Б
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б

42	То же	800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
43	Гипсоперлитовый	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
44	Поризованный гипсоперлитовый	500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
45	То же	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
II Конструкционно-теплоизоляционные материалы											
<i>А Бетоны на при родных пористых заполнителях (ГОСТ 2 5820, ГОСТ 22263)</i>											
46	Пемзобетон	1600	0,84	0,52	4	6	0,62	0,68	8,54	9,3	0,075
47	»	1400	0,84	0,42	4	6	0,49	0,54	7,1	7,76	0,083
48	»	1200	0,84	0,34	4	6	0,4	0,43	5,94	6,41	0,098
49	»	1000	0,84	0,26	4	6	0,3	0,34	4,69	5,2	0,11
50	»	800	0,84	0,19	4	6	0,22	0,26	3,6	4,07	0,12
51	Бетон на вулканическом шлаке	1600	0,84	0,52	7	10	0,64	0,7	9,2	10,14	0,075
52	То же	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,083
53	»	1200	0,84	0,33	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,09

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массовое отноше- ние влаги в материале (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02) w, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02)					
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теп- лоем- кость c_0 , кДж/(кг· °С)	Коэффициент тепло- провод- ности λ_0 , Вт/ (м·°С)			теплопро- водности λ , Вт/(м·°С)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°С)		паропро- ницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б	
<i>Б Бетоны на искусственных пористых заполнителях (ГОСТ 2582 0, ГО СТ 975 7)</i>												
54	Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09	
55	То же	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09	
56	»	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11	
57	»	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14	
58	»	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19	
59	»	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,3	

60	Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
61	То же	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
62	»	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
63	Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
64	То же	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массовое отноше- ние влаги в материале (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02) w, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теп- лоем- кость c_0 , кДж/(кг· °C)	Коэффициент тепло- провод- ности λ_0 , Вт/ (м·°C)			теплопро- водности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	
65	Шлакопемзобетон (термозитобетон)	1800	0,84	0,52	5	8	0,63	0,76	9,32	10,83	0,075
66	То же	1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
67	»	1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
68	»	1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
69	»	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
70	Шлакопемзопено- и шлакопемзогазобетон	1600	0,84	0,47	8	11	0,63	0,7	9,29	10,31	0,09
71	То же	1400	0,84	0,35	8	11	0,52	0,58	7,9	8,78	0,098
72	»	1200	0,84	0,29	8	11	0,41	0,47	6,49	7,31	0,11

73	»	1000	0,84	0,23	8	11	0,35	0,41	5,48	6,24	0,11
74	»	800	0,84	0,17	8	11	0,29	0,35	4,46	5,15	0,13
75	Полистиролбетон	600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,20	3,07	3,49	0,068
76	То же	500	1,06	0,125	4	8	0,14	0,16	2,5	2,85	0,075
77	»	400	1,06	0,105	4	8	0,12	0,135	2,07	2,34	0,085
78	»	300	1,06	0,085	4	8	0,09	0,11	1,55	1,83	0,10

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массовое отноше- ние влаги в материале (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02) w, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02)					
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теп- лоем- кость c_0 , кДж/(кг· °С)	Коэффициент тепло- провод- ности λ_0 , Вт/ (м·°С)			теплопро- водности λ , Вт/(м·°С)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°С)		паропро- ницаемости μ , мг/(м·ч·П а)	
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б	
<i>В Бетоны ячеистые (ГОСТ 25485, ГОСТ 57 42)</i>												
79	Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	1000	0,84	0,29	10	15	0,41	0,47	6,13	7,09	0,11	
80	То же	800	0,84	0,21	10	15	0,33	0,37	4,92	5,63	0,14	
81	»	400	0,84	0,11	8	12	0,14	0,15	2,19	2,42	0,23	
82	»	300	0,84	0,08	8	12	0,11	0,13	1,68	1,95	0,26	
83	Газо- и пенозолобетон	1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075	
84	То же	1000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,5	6,86	8,01	0,098	

85	»	800	0,84	0,17	15	22	0,35	0,41	5,48	6,49	0,12
<i>Г Кирпичная кладка из сплошного кирпича</i>											
86	Глиняного обыкновенного (ГОСТ 530) на цементнопесчаном растворе	1800	0,88	0,56	1	2	0,7	0,81	9,2	10,12	0,11
87	Глиняного обыкновенного на цементно- шлаковом растворе	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии	Расчетное массовое отноше-	Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02)
-----------	----------	--	----------------------------------	--

	плотностью 1400 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
91	Керамического пустотного плотностью 1300 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16

	пустотного (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,64	2	4	0,7	0,81	8,59	9,63	0,13
94	Силикатного четырнадцати-пустотного (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,52	2	4	0,64	0,76	7,93	9,01	0,14
III Конструкционные материалы											
<i>А Бетоны (ГОСТ 7473, ГО СТ 25192) и растворы (ГОСТ 28013)</i>											
95	Железобетон (ГОСТ 26633)	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
96	Бетон на гравии или щебне из природного камня (ГОСТ 26633)	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массовое отноше- ние влаги в материале (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02) w, %	Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 2 СНиП 23-02)					
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теп- лоем- кость c_0 , кДж/(кг· °С)	Коэффициент тепло- провод- ности λ_0 , Вт/ (м·°С)		теплопро- водности λ , Вт/(м·°С)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°С)		паропро- ницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	
						А	Б	А	Б		А, Б
97	Раствор цементно-песчаный	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09
98	Раствор сложный (песок, цемент, известь)	1700	0,84	0,52	2	4	0,7	0,87	8,95	10,42	0,098
99	Раствор известковопесчаный	1600	0,84	0,47	2	4	0,7	0,81	8,69	9,76	0,12

Таблица Б.2 – Значения упругости насыщенного водяного пара E , Па, для температуры t от 0 до 30,9 °С (над водой)

t , °С	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	611	615	620	624	629	633	639	643	648	652
1	657	661	667	671	676	681	687	691	696	701
2	705	711	716	721	727	732	737	743	748	753
3	759	764	769	775	780	785	791	796	803	808
4	813	819	825	831	836	843	848	855	860	867
5	872	879	885	891	897	904	909	916	923	929
6	935	941	948	956	961	968	975	981	988	995
7	1001	1009	1016	1023	1029	1037	1044	1051	1059	1065
8	1072	1080	1088	1095	1103	1189	1117	1125	1132	1140
9	1148	1156	1164	1172	1180	1188	1196	1204	1212	1220
10	1228	1236	1244	1253	1261	1269	1279	1287	1285	1304
11	1312	1321	1331	1339	1348	1355	1365	1375	1384	1323
12	1403	1412	1421	1431	1440	1449	1459	1468	1479	1488
13	1497	1508	1517	1527	1537	1547	1557	1568	1577	1588
14	1599	1609	1619	1629	1640	1651	1661	1672	1683	1695
15	1705	1716	1727	1739	1749	1761	1772	1784	1795	1807
16	1817	1829	1841	1853	1865	1877	1889	1901	1913	1925
17	1937	1949	1962	1974	1986	2000	2012	2025	2037	2050
18	2064	2077	2089	2102	2115	2129	2142	2156	2169	2182
19	2197	2210	2225	2238	2252	2266	2281	2294	2309	2324
20	2338	2352	2366	2381	2396	2412	2426	2441	2456	2471
21	2488	2502	2517	2538	2542	2564	2580	2596	2612	2628
22	2644	2660	2676	2691	2709	2725	2742	2758	2776	2792
23	2809	2826	2842	2860	2877	2894	2913	2930	2948	2965
24	2984	3001	3020	3038	3056	3074	3093	3112	3130	3149
25	3168	3186	3205	3224	3244	3262	3282	3301	3321	3341
26	3363	3381	3401	3421	3441	3461	3481	3502	3523	3544
27	3567	3586	3608	3628	3649	3672	3692	3714	3796	3758
28	3782	3801	3824	4846	3869	3890	3913	3937	3960	3982
29	4005	4029	4052	4076	4100	4122	4146	4170	4194	4218
30	4246	4268	4292	4317	4341	4366	4390	4416	4441	4466

Примечание - Значения E устанавливаются по величине температуры t , целые значения градусов которой принимаются по первой графе, а десятые доли градуса - по первой строке.

Приложение В
Сопротивление паропроницанию
листовых материалов и тонких слоев пароизоляции

N п.п .	Материал	Толщи- на слоя, мм	Сопротивление паропроницанию R_{vp} , м ² ·ч·Па/мг
1	Картон обыкновенный	1,3	0,016
2	Листы асбестоцементные	6	0,3
3	Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	10	0,12
4	Листы древесно-волокнистые жесткие	10	0,11
5	Листы древесно-волокнистые мягкие	12,5	0,05
6	Окраска горячим битумом за один раз	2	0,3
7	Окраска горячим битумом за два раза	4	0,48
8	Окраска масляная за два раза с предварительной шпатлевкой и грунтовкой	-	0,64
9	Окраска эмалевой краской	-	0,48
10	Покрытие изольной мастикой за один раз	2	0,60
11	Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за один раз	1	0,64
12	Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за два раза	2	1,1
13	Пергамин кровельный	0,4	0,33
14	Полиэтиленовая пленка	0,16	7,3
15	Рубероид	1,5	1,1
16	Толь кровельный	1,9	0,4
17	Фанера клееная трехслойная	3	0,15