



Министерство образования Республики Беларусь
УО «Брестский государственный политехнический колледж»

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по учебной работе

_____ Н.В. Ратникова

«_____» _____ 20____

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения дипломного проекта

для учащихся специальности

2-70 02-01 «Промышленное и гражданское строительство»

Разработала: Е.А.Миронюк, преподаватель УО «Брестский государственный политехнический колледж».

Методические указания обсуждены и рекомендованы к использованию на заседании цикловой комиссии строительных дисциплин

_____ Протокол № _____

Председатель цикловой комиссии _____ Е.А.Миронюк _____
(подпись) (инициалы, фамилия)

Содержание

1. Общие сведения.....	4
2. Расчетные условия	5
3. Теоретические основы теплотехнического расчета ограждающих конструкций.....	6
4. Примеры теплотехнического расчета конструкций зданий.	10
4.1Пример расчета толщины утеплителя наружной кирпичной стены жилого здания.....	10
4.2 ..Пример расчета толщины утеплителя легкой штукатурной системы при тепловой модернизации жилого здания.....	12
4.3Пример расчета толщины утеплителя в конструкции вентилируемого фасада жилого здания.....	14
4.4Пример расчета толщины наружной стены при реконструкции (надстройке) жилого здания.....	16
4.5 Пример расчета толщины наружной стеновой панели промышленного здания.....	18
4.6 Пример расчета толщины стеновой сэндвич панели для здания производственного назначения.....	19
4.7 Пример расчета толщины утеплителя чердачного перекрытия жилого здания.....	21
4.8 Пример расчета толщины утеплителя в покрытии промышленного здания.....	23
4.9 Пример расчета толщины стеновой сэндвич панели в покрытии промышленного здания.....	25
4.10 Пример расчета толщины утеплителя перекрытия над подвалом жилого здания.....	26
Список использованных источников.	28
Приложение А	29
Теплотехнические показатели строительных материалов	29
Приложение Б.	38
Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек	38

1. Общие сведения.

Архитектурно-строительная часть дипломного проекта специальности 2-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» предусматривает выполнение теплотехнического расчета ограждающих конструкций проектируемого здания. Настоящие методические указания разработаны для выполнения данного расчета на основе строительных норм Республики Беларусь в области теплотехники и содержат теоретические сведения, необходимые нормативные и справочные материалы, а так же примеры расчетов.

В настоящее время в Республике Беларусь актуальной является проблема экономии топливно-энергетических ресурсов. Ограждающие конструкции совместно с системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха должны обеспечивать нормируемые параметры микроклимата помещений при оптимальном энергопотреблении.

К ограждающим конструкциям зданий относятся наружные стены, полы по грунту, внутренние ограждающие конструкции между помещениями с различной температурой внутреннего воздуха, покрытия, перекрытия над верхними этажами, подвалами, техническими подпольями и проездами, заполнения проемов: окна, витражи, витрины, фонари, двери, ворота.

При проектировании ограждающих конструкций зданий и сооружений необходимо выполнять требования ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника» и других действующих нормативно-технических документов.

Наружные ограждающие конструкции, с целью повышения их теплозащитных качеств, следует конструировать, как правило, многослойными, учитывая прочностные и теплотехнические функции каждого слоя ограждающей конструкции. При этом отдельные слои конструкции могут частично совмещать вышеуказанные функции.

При расположении слоев в многослойной наружной ограждающей конструкции следует выполнять следующие требования.

Материалы с более высокими коэффициентами теплопроводности и теплоусвоения и более низким коэффициентом паропроницаемости целесообразно располагать в конструкции со стороны помещения, а материалы с более низкими коэффициентами теплопроводности и теплоусвоения и более высоким коэффициентом паропроницаемости – с наружной стороны, что 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 ограждающих конструкций и помещений при колебаниях температуры наружного воздуха и теплоотдачи отопительных приборов в системах отопления периодического действия, а также улучшает влажностный режим материалов в конструкции. При этом материал наружного слоя должен отвечать требованиям действующих нормативно-технических документов по горючести и морозостойкости.

При выполнении наружного слоя ограждающей конструкции из материала с более высоким коэффициентом теплопроводности и более низким коэффициентом паропроницаемости, чем у материала внутреннего слоя конструкции, целесообразно предусматривать устройство воздушной прослойки, вентилируемой наружным воздухом и располагаемой между наружным слоем конструкции и основными ее слоями.

Технические решения ограждающих конструкций должны обеспечивать требуемый ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника» тепловлажностный режим материалов конструкции, обеспечивающий долговечность конструкций и сохранение их теплозащитных характеристик.

2. Расчетные условия

Расчетные параметры воздуха в помещениях для расчета наружных ограждающих конструкций жилых, общественных, административных и бытовых зданий и сооружений следует принимать по таблице 2.1 (таблица 4.1. ТКП 45-2.04-43-2006).

В помещениях производственных зданий промышленных предприятий, в помещениях сельскохозяйственных и складских зданий и сооружений (далее — производственные помещения), а также в помещениях с влажным и мокрым режимами общественных зданий расчетные параметры воздуха следует принимать по нормам технологического проектирования.

Таблица 2.1 (таблица 4.1. ТКП 45-2.04-43-2006)

Здания, помещения	Расчетная температура воздуха $t_{в}$, °С	Относительная влажность воздуха $\phi_{в}$, %
Жилые здания	18	55
Общественные здания (кроме дошкольных и детских лечебных учреждений, помещений с влажным и мокрым режимами)	18	50
Здания дошкольных и детских лечебных учреждений	21	50
Залы ванн бассейнов	27	67
Административные и бытовые здания	18	50

Влажностный режим помещений и условия эксплуатации ограждающих конструкций зданий и сооружений в зимний период следует принимать по таблице 2.2 (таблица 4.2. ТКП 45-2.04-43-2006) в зависимости

от температуры и относительной влажности внутреннего воздуха.

Таблица 2.2 (таблица 4.2. ТКП 45-2.04-43-2006)

Относительная влажность внутреннего воздуха, %, при температуре t_v			Режим помещений	Условия эксплуатации ограждающих конструкций
до 12 °С включ.	св. 12 °С до 24 °С включ.	св. 24 °С		
До 60 включ.	До 50 включ.	До 40 включ.	Сухой	А
Св. 60 “ 75 “	Св. 50 “ 60 “	Св. 40 “ 50 “	Нормальный	Б
“ 75	“ 60 “ 75 “	“ 50 “ 60 “	Влажный	Б
	“ 75	“ 60	Мокрый	Б
<p><i>Примечание</i> — Внутренние ограждающие конструкции, чердачные перекрытия, перекрытия над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями помещений с нормальным влажностным режимом следует рассчитывать для условий эксплуатации ограждающих конструкций А.</p>				

3. Теоретические основы теплотехнического расчета ограждающих конструкций.

Ограждающие конструкции зданий с нормируемыми температурой и влажностью должны иметь определенное значение сопротивления теплопередаче, от которого зависят санитарно-гигиенические условия помещений и затраты на эксплуатацию зданий.

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

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (3.1)$$

где δ — толщина слоя, м;

λ — коэффициент теплопроводности материала однослойной или теплоизоляционного слоя многослойной ограждающей конструкции в условиях эксплуатации согласно таблице 2.2, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый по приложению А.

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

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n, \quad (3.2)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n — термическое сопротивление отдельных слоев конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, определяемое по формуле (3.1), и замкнутых воздушных прослоек, принимаемое по приложению Б.

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

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_t , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, следует определять по формуле

$$R_t = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (3.3)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый по таблице 2.3 (таблица 5.4 ТКП 45-2.04-43-2006);

R_k — термическое сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, определяемое по формуле (3.1), — для однородной однослойной конструкции, по формуле (3.2) — для многослойной конструкции;

$\alpha_{\text{н}}$ — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для зимних условий, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый по таблице 2.4 (таблица 5.7 ТКП 45-2.04-43-2006).

Таблица 2.3 (таблица 5.4 ТКП 45-2.04-43-2006)

Ограждающие конструкции	Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности $\alpha_{\text{в}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
1 Стены, полы, гладкие потолки, потолки с выступающими ребрами при отношении высоты ребер к расстоянию a между гранями соседних ребер $h/a < 0,3$	8,7
2 Потолки с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6

Таблица 2.4 (таблица 5.7 ТКП 45-2.04-43-2006)

Ограждающие конструкции	Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности $\alpha_{\text{н}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
1 Наружные стены, покрытия, перекрытия над проездами	23
2 Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом	17
3 Перекрытия чердачные и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружные стены с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12

4 Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций R_T следует принимать не менее нормативного сопротивления теплопередаче $R_{T, \text{норм}}$, приведенного в таблице 2.5 (таблица 5.1 ТКП 45-2.04-43-2006).

Таблица 2.5 (изменения №1 и №3 к ТКП 45-2.04-43-2006)

Ограждающие конструкции	Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{T, \text{норм}}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
Жилые и общественные здания	
А Строительство, реконструкция, модернизация	
Наружные стены зданий	3,2
Совмещенные покрытия, чердачные перекрытия и перекрытия над проездами	6,0
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями	2,5
Заполнения световых проемов	1,0
Б Ремонт и реставрация	
1 Ограждающие конструкции зданий, построенных в соответствии с требованиями строительных норм по строительной теплотехнике, действовавших с 1993 г.	
1.1 Наружные стены крупнопанельных, каркасно-панельных и объемно-блочных зданий	2,5
1.2 Наружные стены монолитных зданий	2,2
1.3 Наружные стены из штучных материалов (кирпич, шлакоблоки и т. п.)	2,0
1.4 Совмещенные покрытия, чердачные перекрытия (кроме теплых чердаков) и перекрытия над проездами	3,0
1.5 Покрытия теплых чердаков	По расчету, обеспечивая перепад между температурой потолка и температурой воздуха помещения последнего этажа не более 2°C
Ограждающие конструкции	Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{T, \text{норм}}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
1.6 Перекрытия над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями	По расчету, обеспечивая перепад между температурой пола и температурой воздуха помещения первого этажа не более 2°C
1.7 Заполнения световых проемов	1,0
2 Ограждающие конструкции зданий, построенных в соответствии с требованиями строительных норм по строительной теплотехнике, действовавших до 1993 г.	
2.1 Сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций (за исключением заполнений световых проемов)	Не менее требуемого
2.2 Заполнения световых проемов	1,0
Здания производственного назначения	

А Строительство, реконструкция, модернизация	
Наружные стены зданий	2,0
Совмещенные покрытия, чердачные перекрытия и перекрытия над проездами	3,0
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями	По расчету, обеспечивая перепад между температурой пола и температурой воздуха помещения первого этажа не более 2 °С
Заполнения световых проемов	1,0
Б Ремонт	
1 Ограждающие конструкции зданий, построенных в соответствии с требованиями строительных норм по строительной теплотехнике, действовавших с 1993 г.	
1.1 Наружные стены зданий	2,0
1.2 Совмещенные покрытия, чердачные перекрытия (кроме теплых чердаков) и перекрытия над проездами	3,0
1.3 Покрытия теплых чердаков	По расчету, обеспечивая перепад между температурой потолка и температурой воздуха помещения последнего этажа не более 2 °С
1.4 Перекрытия над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями	По расчету, обеспечивая перепад между температурой пола и температурой воздуха помещения первого этажа не более 2 °С
1.5 Заполнения световых проемов	1,0
2 Ограждающие конструкции зданий производственного назначения, построенных в соответствии с требованиями строительных норм по строительной теплотехнике, действовавших до 1993 г.	
2.1 Ограждающие конструкции зданий (помещений) с расчетной температурой внутреннего воздуха более 12 °С	Не менее требуемого
Ограждающие конструкции	Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{т.норм}$, м ² ·°С/Вт
2.2 Ограждающие конструкции зданий с расчетной температурой внутреннего воздуха 12 °С и ниже (за исключением заполнений световых проемов)	Не менее требуемого
Заполнения световых проемов (окна, балконные двери)	0,31
Фонари	0,15
Примечания	
1 Полы на грунте в помещениях с нормируемой температурой внутреннего воздуха, расположенные выше отмостки здания или ниже ее не более чем на 0,5 м, должны быть утеплены в зоне примыкания пола к наружным стенам шириной 0,8 м путем укладки по грунту слоя утеплителя толщиной, определяемой из условия обеспечения термического сопротивления этого слоя не менее термического сопротивления наружной стены.	
2 При постановке на капитальный ремонт жилых зданий следует предусматривать тепловую модернизацию заполнений наружных световых проемов, имеющих сопротивление теплопередаче менее установленного нормативного значения, путем полной замены оконных блоков.	
3 При замене технологического оборудования в зданиях производственного назначения решение о необходимости выполнения тепловой модернизации здания (помещения) принимается заказчиком на основании результатов обследования здания (помещения) и с учетом характеристик оборудования и рекомендаций его изготовителя.	

4. Примеры теплотехнического расчета конструкций зданий.

4.1 Пример расчета толщины утеплителя наружной кирпичной стены жилого здания.

Требуется рассчитать толщину утеплителя в конструкции наружной стены трехслойной кирпичной кладки на гибких стеклопластиковых связях для климатических условий Брестской области.

Конструкция стены приведена на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1

В соответствии с таблицей 4.1 ТКП 45-2.04-43-2006 расчетная температура внутреннего воздуха составляет 18 °С, расчетная относительная влажность - 55%.

Влажностный режим помещений в соответствии с таблицей 4.2 ТКП 45-2.04-43-2006 – нормальный, условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности λ материалов стены принимаем по таблице А.1 ТКП 45-2.04-43-2006 и приводим в таблице 4.1. Т.к. в данной стене воздушная прослойка является вентилируемой, то слои, расположенные за воздушной прослойкой ближе к наружной стороне, и сама воздушная прослойка в расчёте не учитываются.

Таблица 4.1

Наименование материала	Толщина слоя δ , м	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации Б
Известково-песчаная штукатурка	0,02	1600	0,81
Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	0,38	1600	0,78

Утеплитель	x	в зависимости от вида утепл.	в зависимости от вида утеплителя
------------	-----	---------------------------------	-------------------------------------

Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{T \text{ норм}}$, для наружных стен из штучных материалов согласно изменениям №1,3 к ТКП 45-2.04-43-2006 составляет $3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$.

Определяем толщину теплоизоляционного слоя из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$.

$$R_T = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + R_{\text{ут}} + \frac{1}{\alpha_H} = R_{T \text{ норм}};$$

где $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (из таблицы 5.4 ТКП 45-2.04-43-2006);

$\alpha_H = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (из таблицы 5.7 ТКП 45-2.04-43-2006).

Определяем термические сопротивления отдельных слоев стены R , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$:

- для известково-песчаной штукатурки

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,81} = 0,025 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт};$$

- для кладки из керамического кирпича

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,38}{0,78} = 0,487 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт};$$

- утеплителя

$$R_{\text{ут}} = \frac{x}{\lambda_{\text{ут}}}.$$

Вариант 1. Принимаем в качестве утеплителя пенополистирол $\rho = 35 \text{ кг}/\text{м}^3$ с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ для условий эксплуатации Б. Из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$ определяем минимально необходимую толщину утеплителя.

$$\frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,487 + \frac{x}{0,05} + \frac{1}{12} = 3,2$$

$$x = (3,2 - (0,115 + 0,025 + 0,487 + 0,083)) \cdot 0,05 = 0,125 \text{ м}$$

Принимаем толщину утеплителя $0,13 \text{ м}$.

Уточняем расчетное сопротивление теплопередаче стены R_T :

$$R_T = \frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,487 + \frac{0,13}{0,05} + \frac{1}{12} = 3,31 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Расчетное уточненное сопротивление теплопередаче стены $R_T = 3,31 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ больше нормативного значения $R_{T \text{ норм}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, что отвечает требованиям ТКП 45-2.04-43-2006. Толщина стены без учета внутреннего штукатурного слоя при этом составит 670 мм .

Вариант 2. Принимаем в качестве утеплителя пенополиуретан $\rho = 40 \text{ кг}/\text{м}^3$ с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ для условий эксплуатации Б. Из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$ определяем минимально необходимую толщину утеплителя.

$$\frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,487 + \frac{x}{0,04} + \frac{1}{12} = 3,2$$

$$x = (3,2 - (0,115 + 0,025 + 0,487 + 0,083)) \cdot 0,04 = 0,0996 = 0,1 \text{ м}$$

Принимаем толщину утеплителя 0,1 м.

Расчетное сопротивление теплопередаче стены $R_T = 3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ и соответствует нормативному значению $R_{T \text{ норм}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, что отвечает требованиям ТКП 45-2.04-43-2006. Толщина стены без учета внутреннего штукатурного слоя при этом составит 640 мм.

Для дальнейшего проектирования принимаем только один из вариантов конструкции стены.

4.2 Пример расчета толщины утеплителя легкой штукатурной системы при тепловой модернизации жилого здания.

Требуется рассчитать толщину теплоизоляционного слоя при утеплении наружных кирпичных стен для климатических условий Брестской области.

Конструкция стены приведена на рисунке 4.2.

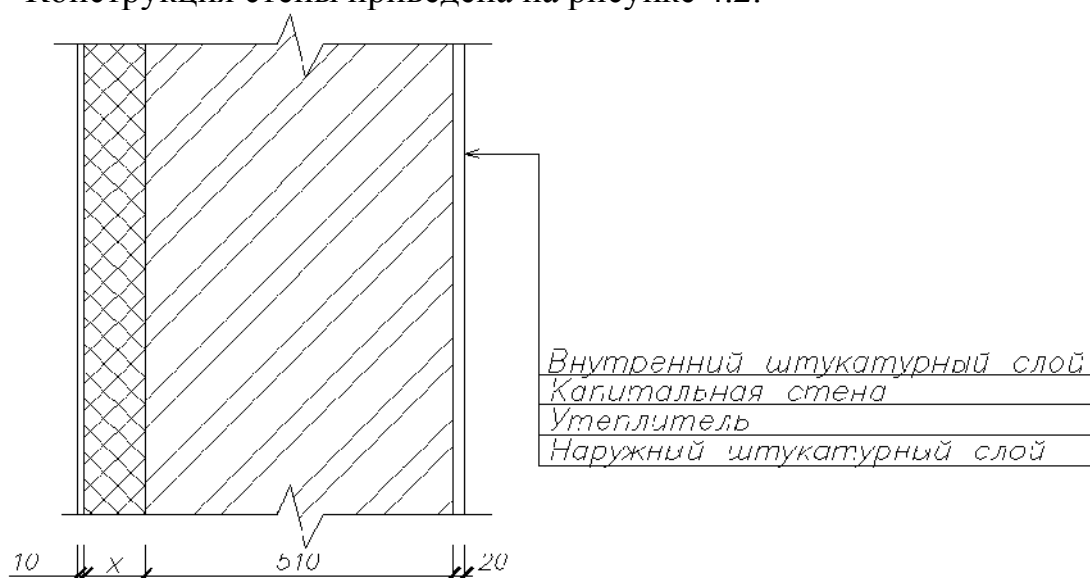


Рисунок 4.2

В соответствии с таблицей 4.1 ТКП 45-2.04-43-2006 расчетная температура внутреннего воздуха составляет 18°C , расчетная относительная влажность - 55%.

Влажностный режим помещений в соответствии с таблицей 4.2 ТКП 45-2.04-43-2006 – нормальный, условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности λ материалов стены принимаем по таблице А.1 ТКП 45-2.04-43-2006 и приводим в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Наименование материала	Толщина слоя δ , м	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации Б
Известково-песчаная штукатурка	0,02	1600	0,81
Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	0,51	1600	0,78
Утеплитель пенополистирол	x	35	0,05
Защитно-декоративная штукатурка	0,01	1700	0,87

Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{T \text{ норм}}$, для наружных стен из штучных материалов при модернизации зданий согласно изменениям №1,3 к ТКП 45-2.04-43-2006 составляет 3,2 м²·°С / Вт.

Определяем толщину теплоизоляционного слоя из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$.

$$R_T = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + R_{\text{ут}} + R_3 + \frac{1}{\alpha_H} = R_{T \text{ норм}};$$

где $\alpha_B = 8,7$ Вт/(м²·°С) (из таблицы 5.4 ТКП 45-2.04-43-2006);

$\alpha_H = 23$ Вт/(м²·°С) (из таблицы 5.7 ТКП 45-2.04-43-2006).

Определяем термические сопротивления отдельных слоев стены R , м²·°С / Вт:

- для известково-песчаной штукатурки

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,81} = 0,025 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт};$$

- для кладки из керамического кирпича

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,51}{0,78} = 0,654 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт};$$

- утеплителя

$$R_{\text{ут}} = \frac{x}{\lambda_{\text{ут}}}$$

- для защитно-декоративной штукатурки

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,01}{0,87} = 0,011 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}.$$

Принимаем в качестве утеплителя пенополистирол $\rho = 35$ кг/м³ с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,05$ Вт/(м·°С) для условий эксплуатации Б. Из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$ определяем минимально необходимую толщину утеплителя.

$$\frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,654 + \frac{x}{0,05} + 0,011 + \frac{1}{23} = 3,2$$

$$x = (3,2 - (0,115 + 0,025 + 0,654 + 0,011 + 0,043)) \cdot 0,05 = 0,118 \text{ м}$$

Принимаем толщину утеплителя 0,12 м.

Уточняем расчетное сопротивление теплопередаче стены R_T :

$$R_T = \frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,654 + \frac{0,12}{0,05} + 0,011 + \frac{1}{23} = 3,25 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Расчетное уточненное сопротивление теплопередаче стены $R_T = 3,25 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ больше нормативного значения $R_{T \text{ норм}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$, что отвечает требованиям ТКП 45-2.04-43-2006. Толщина стены без учета внутреннего штукатурного слоя при этом составит 640 мм.

4.3 Пример расчета толщины утеплителя в конструкции вентилируемого фасада жилого здания.

Требуется рассчитать толщину теплоизоляционного слоя при утеплении наружных кирпичных стен для климатических условий Брестской области.

Конструкция стены приведена на рисунке 4.3.

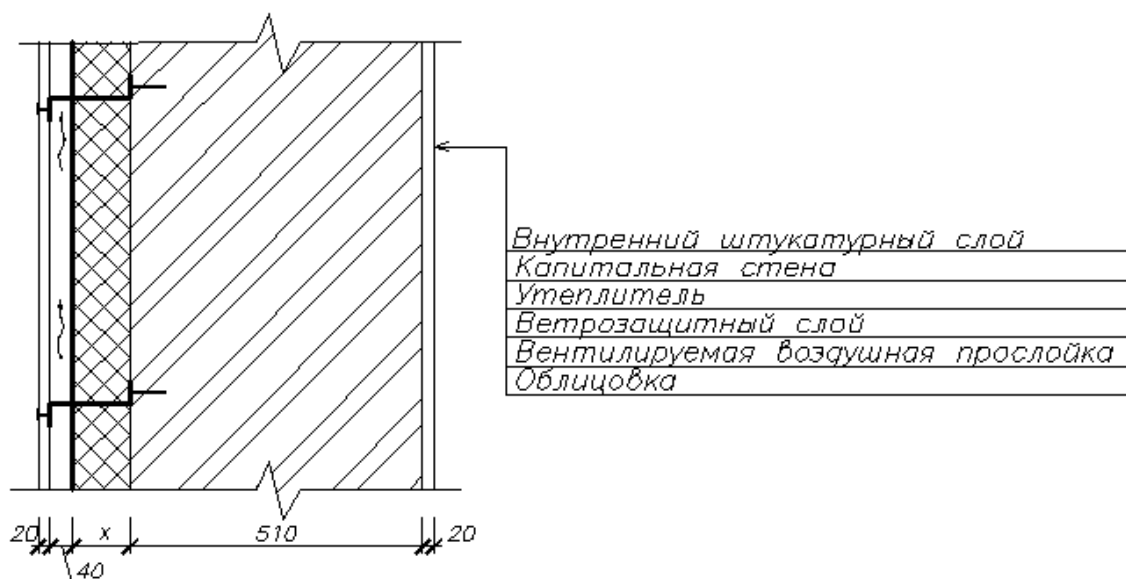


Рисунок 4.3

В соответствии с таблицей 4.1 ТКП 45-2.04-43-2006 расчетная температура внутреннего воздуха составляет 18°C , расчетная относительная влажность - 55%.

Влажностный режим помещений в соответствии с таблицей 4.2 ТКП 45-2.04-43-2006 – нормальный, условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности λ материалов стены принимаем по таблице А.1 ТКП 45-2.04-43-2006 и приводим в таблице 4.3. Т.к. в данной стене воздушная прослойка является вентилируемой, то слои, расположенные за воздушной прослойкой ближе к наружной стороне, и сама воздушная прослойка в расчёте не учитываются.

Таблица 4.3

Наименование материала	Толщина слоя δ , м	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C), при условиях эксплуатации Б
Известково-песчаная штукатурка	0,02	1600	0,81
Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	0,51	1600	0,78
Утеплитель пенополистирол	x	35	0,05
Ветрозащитная пленка (пергамин)	0,005	600	0,17

Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{T \text{ норм}}$, для наружных стен из штучных материалов при модернизации или строительстве жилых зданий согласно изменениям №1,3 к ТКП 45-2.04-43-2006 составляет 3,2 м²·°C / Вт.

Определяем толщину теплоизоляционного слоя из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$.

$$R_T = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + R_{YT} + R_3 + \frac{1}{\alpha_H} = R_{T \text{ норм}};$$

где $\alpha_B = 8,7$ Вт/(м²·°C) (из таблицы 5.4 ТКП 45-2.04-43-2006);

$\alpha_H = 12$ Вт/(м²·°C) (из таблицы 5.7 ТКП 45-2.04-43-2006).

Определяем термические сопротивления отдельных слоев стены R , м²·°C / Вт:

- для известково-песчаной штукатурки

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,81} = 0,025 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт};$$

- для кладки из керамического кирпича

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,51}{0,78} = 0,654 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт};$$

- утеплителя

$$R_{YT} = \frac{x}{\lambda_{YT}}$$

- для ветрозащитного слоя

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,005}{0,17} = 0,029 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Принимаем в качестве утеплителя пенополистирол $\rho = 35$ кг/м³ с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,05$ Вт/(м·°C) для условий эксплуатации Б. Из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$ определяем минимально необходимую толщину утеплителя.

$$\frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,654 + \frac{x}{0,05} + 0,029 + \frac{1}{12} = 3,2$$

$$x = (3,2 - (0,115 + 0,025 + 0,654 + 0,029 + 0,083)) \cdot 0,05 = 0,115 \text{ м}$$

Принимаем толщину утеплителя 0,12 м.

Уточняем расчетное сопротивление теплопередаче стены R_T :

$$R_T = \frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,654 + \frac{0,12}{0,05} + 0,029 + \frac{1}{12} = 3,306 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Расчетное уточненное сопротивление теплопередаче стены $R_T = 3,306 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ больше нормативного значения $R_{T \text{ норм}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$, что отвечает требованиям ТКП 45-2.04-43-2006.

4.4 Пример расчета толщины наружной стены при реконструкции (надстройке) жилого здания.

Требуется рассчитать толщину наружных стен из газосиликатных блоков для климатических условий Брестской области.

Конструкция стены приведена на рисунке 4.4.

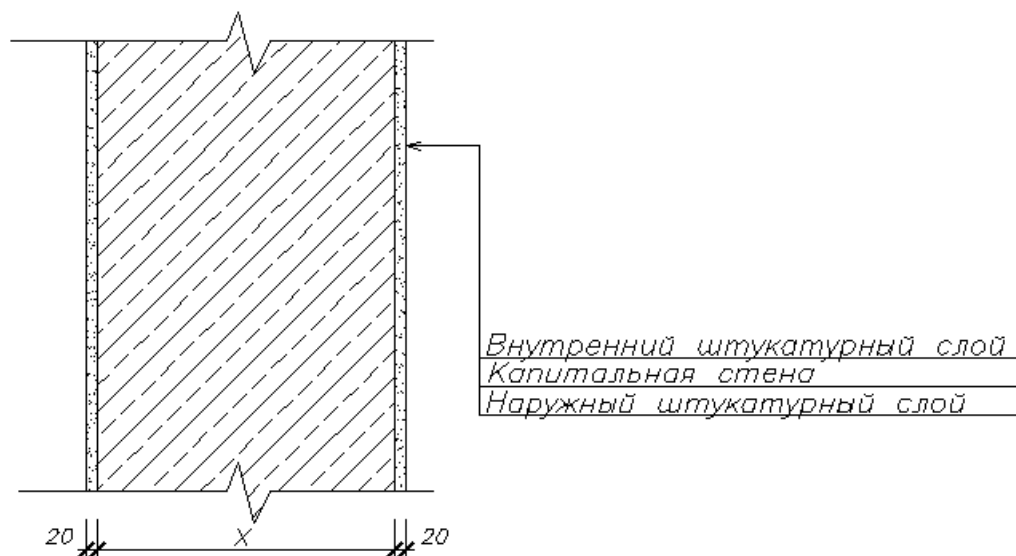


Рисунок 4.4

В соответствии с таблицей 4.1 ТКП 45-2.04-43-2006 расчетная температура внутреннего воздуха составляет 18°C , расчетная относительная влажность - 55%.

Влажностный режим помещений в соответствии с таблицей 4.2 ТКП 45-2.04-43-2006 – нормальный, условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности λ материалов стены принимаем по таблице А.1 ТКП 45-2.04-43-2006 и приводим в таблице 4.4.

Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{T \text{ норм}}$ для наружных стен при реконструкции и строительстве жилых зданий согласно изменениям №1,3 к ТКП 45-2.04-43-2006 составляет $3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$.

Таблица 4.4

Наименование материала	Толщина слоя δ , м	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации Б
Известково-песчаная штукатурка	0,02	1600	0,81
Кладка из газосиликатных блоков	x	600	0,19
Сложный раствор	0,02	1700	0,87

Определяем толщину теплоизоляционного слоя из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$.

$$R_T = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_{yT} + R_2 + \frac{1}{\alpha_H} = R_{T \text{ норм}} ;$$

где $\alpha_B = 8,7$ Вт/(м²·°С) (из таблицы 5.4 ТКП 45-2.04-43-2006);

$\alpha_H = 23$ Вт/(м²·°С) (из таблицы 5.7 ТКП 45-2.04-43-2006).

Определяем термические сопротивления отдельных слоев стены R , м²·°С / Вт:

- для известково-песчаной штукатурки

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,81} = 0,025 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт};$$

- кладки из газосиликатных блоков

$$R_{yT} = \frac{x}{\lambda_{yT}}$$

- для сложного штукатурного раствора

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,02}{0,87} = 0,023 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}.$$

Из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$ определяем минимально необходимую толщину утеплителя.

$$\frac{1}{8,7} + 0,025 + \frac{x}{0,19} + 0,023 + \frac{1}{23} = 3,2$$

$$x = (3,2 - (0,115 + 0,025 + 0,023 + 0,043)) \cdot 0,19 = 0,40 \text{ м}$$

Принимаем толщину стены из газосиликатных блоков 0,4 м.

Т. к. расчетное сопротивление теплопередаче стены $R_T = 3,2$ м²·°С/Вт равно нормативному значению $R_{T \text{ норм}} = 3,2$ м²·°С/Вт, требования ТКП 45-2.04-43-2006 выполняются.

4.5 Пример расчета толщины наружной стеновой панели промышленного здания.

Требуется рассчитать толщину наружной стеновой панели промышленного здания для климатических условий Брестской области. Конструкция панели приведена на рисунке 4.5.

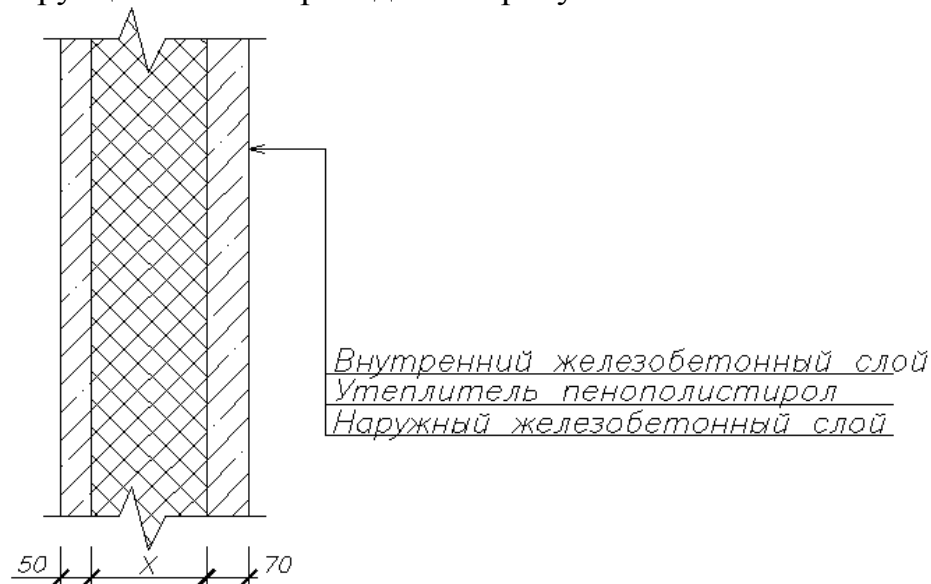


Рисунок 4.5

Принимаем условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности λ материалов стены принимаем по таблице А.1 ТКП 45-2.04-43-2006 и приводим в таблице 4.5.

Таблица 4.5

Наименование материала	Толщина слоя δ , м	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации Б
Железобетон	0,07	2500	2,04
Утеплитель пенополистирол	x	35	0,05
Железобетон	0,05	2500	2,04

Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{т\text{ норм}}$ для наружных стен зданий производственного назначения согласно изменениям №1,3 к ТКП 45-2.04-43-2006 составляет 2,0 м²·°С / Вт. (Примечание: При расчете железобетонной трехслойной панели для стен жилого здания нормативное сопротивление теплопередаче $R_{т\text{ норм}}$ следует принимать равным 3,2 м²·°С / Вт)

Определяем толщину теплоизоляционного слоя из условия $R_t = R_{т\text{ норм}}$.

$$R_T = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_{yT} + R_2 + \frac{1}{\alpha_H} = R_{T_{нор}} ;$$

где $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ (из таблицы 5.4 ТКП 45-2.04-43-2006);
 $\alpha_H = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ (из таблицы 5.7 ТКП 45-2.04-43-2006).

Определяем термические сопротивления отдельных слоев панели R , $\text{м}^2 \cdot \text{°C / Вт}$:

- для внутреннего железобетонного слоя

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,07}{2,04} = 0,034 \text{ м}^2 \cdot \text{°C / Вт};$$

- для пенополистирола

$$R_{yT} = \frac{x}{\lambda_{yT}}$$

- для наружного железобетонного слоя

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,05}{2,04} = 0,025 \text{ м}^2 \cdot \text{°C / Вт}.$$

Из условия $R_T = R_{T_{нор}}$ определяем минимально необходимую толщину утеплителя.

$$\frac{1}{8,7} + 0,034 + \frac{x}{0,05} + 0,025 + \frac{1}{23} = 2,0$$

$$x = (2,0 - (0,115 + 0,034 + 0,025 + 0,043)) \cdot 0,05 = 0,09 \text{ м}$$

Исходя из номенклатуры сборных железобетонных изделий, принимаем стеновую панель толщиной 0,3 м. Толщина теплоизоляционного слоя в этом случае составит 0,18 м.

Уточняем расчетное сопротивление теплопередаче стеновой панели R_T :

$$R_T = \frac{1}{8,7} + 0,034 + \frac{0,18}{0,05} + 0,025 + \frac{1}{23} = 3,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C / Вт}$$

Расчетное уточненное сопротивление теплопередаче стены $R_T = 3,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ больше нормативного значения $R_{T_{норм}} = 2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, что отвечает требованиям ТКП 45-2.04-43-2006.

4.6 Пример расчета толщины стеновой сэндвич панели для здания производственного назначения.

Требуется рассчитать толщину стеновой сэндвич панели для здания производственного назначения для климатических условий Брестской области.

Конструкция панели приведена на рисунке 4.6. В качестве наружной обшивки в сэндвич панелях применяются стальные оцинкованные или алюминиевые листы с полимерным покрытием толщиной 0,5- 0,7 мм. Т.к. металлы обладают высоким коэффициентом теплопроводности, при расчете сопротивления теплопередачи панели термическим сопротивлением слоев обшивки можно пренебречь.

Принимаем условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности λ материалов стены принимаем по таблице А.1 ТКП 45-2.04-43-2006 и приводим в таблице 4.6.



Рисунок 4.6

Таблица 4.6

Наименование материала	Толщина слоя δ , м	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации Б
Утеплитель пенополистирол	x	35	0,05

Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{T \text{ норм}}$, для наружных стен зданий производственного назначения согласно изменениям №1,3 к ТКП 45-2.04-43-2006 составляет 2,0 м²·°С / Вт.

Определяем толщину теплоизоляционного слоя из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$.

$$R_T = \frac{1}{\alpha_B} + R_{UT} + \frac{1}{\alpha_H} = R_{T \text{ норм}};$$

где $\alpha_B = 8,7$ Вт/(м²·°С) (из таблицы 5.4 ТКП 45-2.04-43-2006);

$\alpha_H = 23$ Вт/(м²·°С) (из таблицы 5.7 ТКП 45-2.04-43-2006).

Определяем термическое сопротивление утеплителя панели R , м²·°С / Вт:

- для пенополистирола

$$R_{UT} = \frac{x}{\lambda_{UT}}$$

Из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$ определяем минимально необходимую толщину утеплителя.

$$\frac{1}{8,7} + \frac{x}{0,05} + \frac{1}{23} = 2,0$$

$$x = (2,0 - (0,115 + 0,043)) \cdot 0,05 = 0,09 \text{ м}$$

Принимаем толщину панели 0,1 м.

Уточняем расчетное сопротивление теплопередаче стеновой панели R_T :

$$R_T = \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{0,05} + \frac{1}{23} = 2,16 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С} / \text{Вт}$$

Расчетное уточненное сопротивление теплопередаче стены $R_T = 2,16 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С} / \text{Вт}$ больше нормативного значения $R_{T \text{ норм}} = 2,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С} / \text{Вт}$, что отвечает требованиям ТКП 45-2.04-43-2006.

4.7 Пример расчета толщины утеплителя чердачного перекрытия жилого здания.

Требуется рассчитать толщину утеплителя в конструкции чердачного перекрытия для климатических условий Брестской области.

Конструкция чердачного перекрытия приведена на рисунке 4.7.

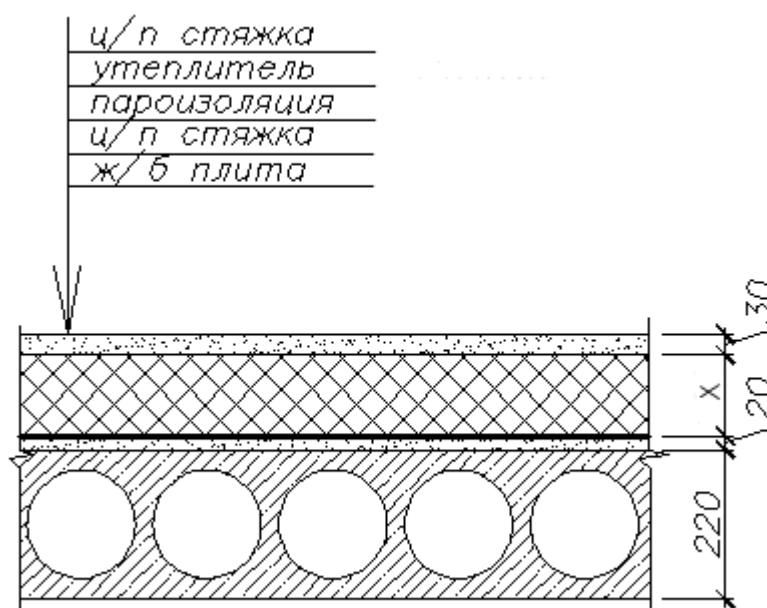


Рисунок 4.7

В соответствии с таблицей 4.1 ТКП 45-2.04-43-2006 расчетная температура внутреннего воздуха составляет 18°С , расчетная относительная влажность - 55%.

Влажностный режим помещений в соответствии с таблицей 4.2 ТКП 45-2.04-43-2006 — нормальный, условия эксплуатации ограждающих конструкций — А.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности λ материалов чердачного перекрытия принимаем по таблице А.1 ТКП 45-2.04-43-2006 и приводим в таблице 4.7.

Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{T \text{ норм}}$, для чердачного перекрытия согласно таблице 5.1 ТКП 45-2.04-43-2006 составляет $6,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С} / \text{Вт}$.

Таблица 4.7

Наименование материала	Толщина слоя δ , м	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации А
Ж/б круглопустотная плита	0,12 (приведенная)	2500	1,92
Замкнутая воздушная прослойка	$R = 0,15 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}$ (принято для $\delta=0,9d=0,9 \cdot 0,159=0,14\text{м}$ при положительной температуре в прослойке при потоке тепла снизу вверх по приложению Б ТКП 45-2.04-43-2006)		
Стяжка из цементно-песчаного раствора	0,02	1800	0,76
Слой рубероида	0,003	600	0,17
Пенополистирол	x	35	0,041
Стяжка из цементно-песчаного раствора	0,03	1800	0,76

Толщину теплоизоляционного слоя определяем из условия $R_T = R_{T \text{ норм.}}$.

$$R_T = \frac{1}{\alpha_B} + R_{пл} + R_{возд} + R_1 + R_2 + R_{ут} + R_3 + \frac{1}{\alpha_H} = R_{T \text{ норм.}};$$

где $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ (из таблицы 5.4 ТКП 45-2.04-43-2006);

$\alpha_H = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ (из таблицы 5.7 ТКП 45-2.04-43-2006).

Определяем термические сопротивления отдельных слоев чердачного перекрытия R , $\text{м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}$:

- для железобетонной плиты перекрытия

$$R_{пл} = \frac{0,12}{1,92} = 0,063 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт};$$

- для замкнутой воздушной прослойки $R_{возд} = 0,15 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}$;
- для стяжки из цементно-песчаного раствора

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,76} = 0,026 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт};$$

- для слоя рубероида

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,003}{0,17} = 0,018 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт};$$

- для пенополистирола

$$R_{ут} = \frac{x}{\lambda_{ут}}$$

- для стяжки из цементно-песчаного раствора

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,03}{0,76} = 0,039 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}$$

Определяем толщину утеплителя из условия $R_T = R_{T \text{ норм.}}$:

$$\frac{1}{8,7} + 0,63 + 0,15 + 0,026 + 0,018 + \frac{x}{0,041} + 0,039 + \frac{1}{12} = 6,0$$

$$x = (6,0 - (0,115 + 0,063 + 0,15 + 0,026 + 0,018 + 0,039 + 0,083)) \cdot 0,041 = 0,226 \text{ м}$$

Принимаем толщину утеплителя 0,23 м.

Уточняем расчетное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия R_T :

$$R_T = \frac{1}{8,7} + 0,63 + 0,15 + 0,026 + 0,18 + \frac{0,23}{0,041} + 0,039 + \frac{1}{12} = 6,1 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Т. к. расчетное уточненное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия $R_T = 6,1 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ больше нормативного сопротивления теплопередаче $R_{T \text{ норм}} = 6,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, то данная конструкция отвечает требованиям ТКП 45-2.04-43-2006.

4.8 Пример расчета толщины утеплителя в покрытии промышленного здания.

Требуется рассчитать толщину утеплителя в покрытии промышленного здания для климатических условий Брестской области.

Конструкция покрытия приведена на рисунке 4.8.

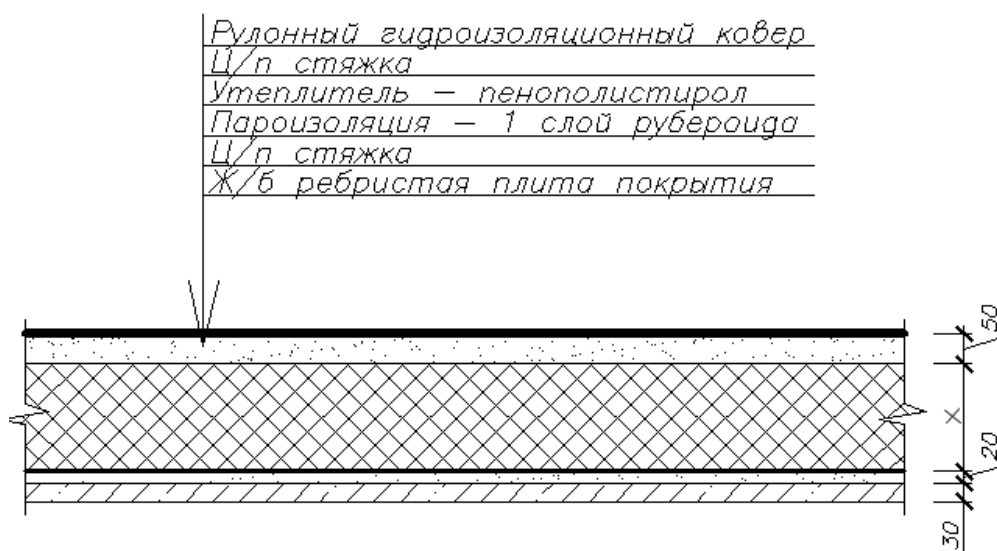


Рисунок 4.8

Принимаем условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности λ материалов чердачного перекрытия принимаем по таблице А.1 ТКП 45-2.04-43-2006 и приводим в таблице 4.8.

Таблица 4.8

Наименование материала	Толщина слоя δ , м	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C), при условиях эксплуатации Б
Ж/б ребристая плита покрытия	0,03	2500	2,04
Стяжка из цементно-песчаного раствора	0,02	1800	0,93

Слой рубероида	0,003	600	0,17
Пенополистирол	x	35	0,05
Стяжка из цементно-песчаного раствора	0,05	1800	0,93
Рулонный гидроизоляционный ковер	0,02	600	0,17

Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{T \text{ норм}}$, для покрытий зданий производственного назначения согласно изменений № 1,3 к ТКП 45-2.04-43-2006 составляет $3,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$.

Толщину теплоизоляционного слоя определяем из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$.

$$R_T = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{VT} + R_4 + R_5 + \frac{1}{\alpha_H} = R_{T \text{ норм}};$$

где $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (из таблицы 5.4 ТКП 45-2.04-43-2006);

$\alpha_H = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (из таблицы 5.7 ТКП 45-2.04-43-2006).

Определяем термические сопротивления отдельных слоев чердачного перекрытия R , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$:

- для железобетонной плиты покрытия

$$R_1 = \frac{0,03}{2,04} = 0,015 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт};$$

- для стяжки из цементно-песчаного раствора

$$R_2 = \frac{0,02}{0,93} = 0,022 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт};$$

- для слоя рубероида

$$R_3 = \frac{0,003}{0,17} = 0,018 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт};$$

- для пенополистирола

$$R_{VT} = \frac{x}{\lambda_{VT}}$$

- для стяжки из цементно-песчаного раствора

$$R_4 = \frac{0,05}{0,93} = 0,054 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт};$$

- для рулонной кровли

$$R_5 = \frac{0,02}{0,17} = 0,118 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Определяем толщину утеплителя из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$:

$$\frac{1}{8,7} + 0,015 + 0,022 + 0,018 + \frac{x}{0,05} + 0,054 + 0,118 + \frac{1}{23} = 3,0$$

$$x = (3,0 - (0,115 + 0,015 + 0,022 + 0,018 + 0,054 + 0,118 + 0,043)) \cdot 0,05 = 0,131 \text{ м}$$

Принимаем толщину утеплителя $0,14 \text{ м}$.

Уточняем расчетное сопротивление теплопередаче покрытия R_T :

$$R_T = \frac{1}{8,7} + 0,015 + 0,022 + 0,018 + \frac{0,14}{0,05} + 0,054 + 0,118 + \frac{1}{23} = 3,185 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Так как расчетное уточненное сопротивление теплопередаче покрытия $R_T = 3,185 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$ больше нормативного сопротивления теплопередаче $R_{T \text{ норм}} = 3,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$, то данная конструкция отвечает требованиям ТКП 45-2.04-43-2006.

4.9 Пример расчета толщины стеновой сэндвич панели в покрытии промышленного здания.

Требуется рассчитать толщину стеновой сэндвич панели в покрытии промышленного здания для климатических условий Брестской области.

Конструкция панели приведена на рисунке 4.9. В качестве наружной обшивки в сэндвич панелях применяются стальные оцинкованные или алюминиевые листы с полимерным покрытием толщиной 0,5- 0,7 мм. Т.к. металлы обладают высоким коэффициентом теплопроводности, при расчете сопротивления теплопередачи панели термическим сопротивлением слоев обшивки можно пренебречь.

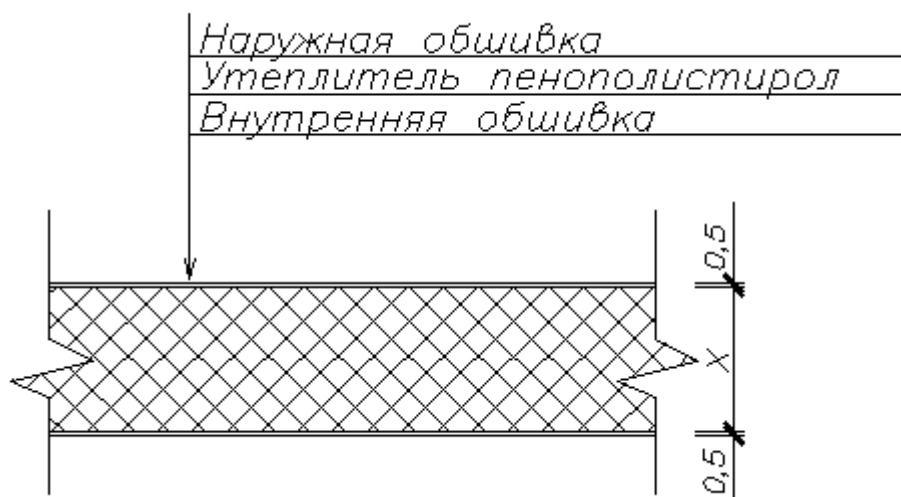


Рисунок 4.9

Принимаем условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности λ материалов стены принимаем по таблице А.1 ТКП 45-2.04-43-2006 и приводим в таблице 4.9.

Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{T \text{ норм}}$ для покрытий зданий производственного назначения согласно изменениям №1,3 к ТКП 45-2.04-43-2006 составляет $3,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С} / \text{Вт}$.

Таблица 4.9

Наименование материала	Толщина слоя δ , м	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C), при условиях эксплуатации Б
Утеплитель пенополистирол	x	35	0,05

Определяем толщину теплоизоляционного слоя из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$.

$$R_T = \frac{1}{\alpha_B} + R_{UT} + \frac{1}{\alpha_H} = R_{T \text{ норм}};$$

где $\alpha_B = 8,7$ Вт/(м²·°C) (из таблицы 5.4 ТКП 45-2.04-43-2006);

$\alpha_H = 23$ Вт/(м²·°C) (из таблицы 5.7 ТКП 45-2.04-43-2006).

Определяем термическое сопротивление утеплителя панели R , м²·°C / Вт:

- для пенополистирола

$$R_{UT} = \frac{x}{\lambda_{UT}}$$

Из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$ определяем минимально необходимую толщину утеплителя.

$$\frac{1}{8,7} + \frac{x}{0,05} + \frac{1}{23} = 3,0$$

$$x = (3,0 - (0,115 + 0,043)) \cdot 0,05 = 0,142 \text{ м}$$

Принимаем толщину панели 0,15 м.

Уточняем расчетное сопротивление теплопередаче стеновой панели R_T :

$$R_T = \frac{1}{8,7} + \frac{0,15}{0,05} + \frac{1}{23} = 3,158 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Расчетное уточненное сопротивление теплопередаче стены $R_T = 3,158$ м²·°C/Вт больше нормативного значения $R_{T \text{ норм}} = 3,0$ м²·°C/Вт, что отвечает требованиям ТКП 45-2.04-43-2006.

4.10 Пример расчета толщины утеплителя перекрытия над подвалом жилого здания.

Требуется рассчитать толщину утеплителя в конструкции надподвального перекрытия для климатических условий Брестской области.

Конструкция перекрытия над подвалом приведена на рисунке 4.10.

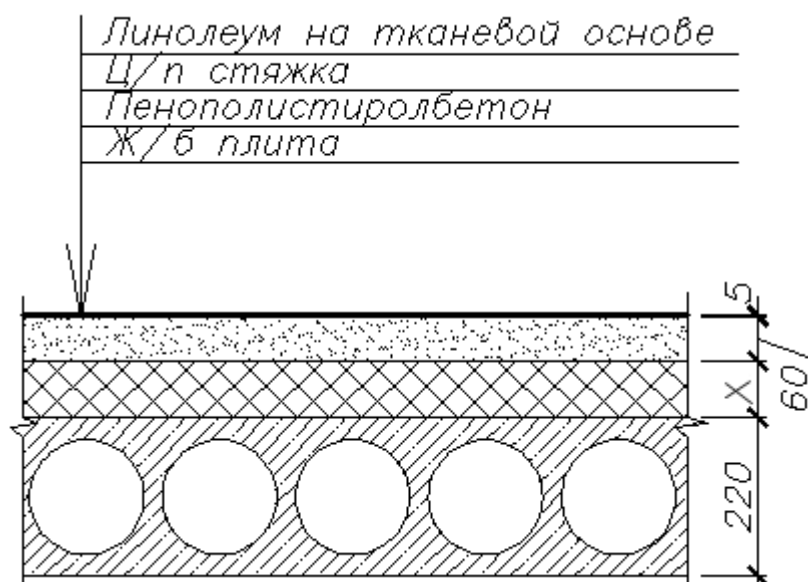


Рисунок 4.10

В соответствии с таблицей 4.1 ТКП 45-2.04-43-2006 расчетная температура внутреннего воздуха составляет 18 °С, расчетная относительная влажность - 55%.

Влажностный режим помещений в соответствии с таблицей 4.2 ТКП 45-2.04-43-2006 – нормальный, условия эксплуатации ограждающих конструкций – А.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности λ материалов надподвального перекрытия принимаем по таблице А.1 ТКП 45-2.04-43-2006 и приводим в таблице 4.10.

Таблица 4.10

Наименование материала	Толщина слоя δ , м	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации А
Линолеум на тканевой основе	0,005	1800	0,35
Стяжка из цементно-песчаного раствора	0,06	1800	0,76
Пенополистиролбетон	х	260	0,082
Замкнутая воздушная прослойка	$R = 0,238 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С} / \text{Вт}$ (найденно методом интерполяции для $\delta=0,9d=0,9 \cdot 0,159=0,14\text{м}$ при отрицательной температуре в прослойке при потоке тепла сверху вниз по приложению Б ТКП 45-2.04-43-2006)		
Ж/б круглопустотная плита	0,12 (приведенная)	2500	1,92

Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{T \text{ норм}}$, для надподвального перекрытия жилого здания согласно таблице 5.1 ТКП 45-2.04-43-2006 составляет $2,5 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$.

Толщину теплоизоляционного слоя определяем из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$.

$$R_T = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + R_{UT} + R_{возд} + R_{пл} + \frac{1}{\alpha_H} = R_{T \text{ норм}};$$

где $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (из таблицы 5.4 ТКП 45-2.04-43-2006);

$\alpha_H = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (из таблицы 5.7 ТКП 45-2.04-43-2006).

Определяем термические сопротивления отдельных слоев надподвального перекрытия R , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$:

- для линолеума

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,005}{0,35} = 0,014 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт};$$

- для стяжки из цементно-песчаного раствора

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,06}{0,76} = 0,079 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт};$$

- для полистиролбетона

$$R_{UT} = \frac{x}{\lambda_{UT}}$$

- для замкнутой воздушной прослойки $R_{возд} = 0,238 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$;

- для железобетонной плиты перекрытия

$$R_{пл} = \frac{0,12}{1,92} = 0,063 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}.$$

Определяем толщину утеплителя из условия $R_T = R_{T \text{ норм}}$:

$$\frac{1}{8,7} + 0,014 + 0,079 + \frac{x}{0,082} + 0,238 + 0,063 + \frac{1}{12} = 2,5$$

$$x = (2,5 - (0,115 + 0,014 + 0,079 + 0,238 + 0,063 + 0,083)) \cdot 0,082 = 0,156 \text{ м}$$

Принимаем толщину утеплителя $0,16 \text{ м}$.

Уточняем расчетное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия R_T :

$$R_T = \frac{1}{8,7} + 0,014 + 0,079 + \frac{0,16}{0,082} + 0,238 + 0,063 + \frac{1}{12} = 2,54 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Т. к. расчетное уточненное сопротивление теплопередаче надподвального перекрытия $R_T = 2,54 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ больше нормативного сопротивления теплопередаче $R_{T \text{ норм}} = 2,5 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, то данная конструкция отвечает требованиям ТКП 45-2.04-43-2006.

Список использованных источников.

1. ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника».
2. Изменение №1 к ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника».
3. Изменение №3 к ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника».

Приложение А

(обязательное)

Теплотехнические показатели строительных материалов

Таблица А.1

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале W , % (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)				
	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная теплоемкость c , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)			теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°C) (при периоде 24 ч)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	
I Бетоны и растворы										
А Бетоны на природных плотных заполнителях										
1 Железобетон	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	19,70	0,03
2 Бетон на гравии или щебне из природного камня	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
3 Плотный силикатный бетон	1800	0,88	0,81	2	4	0,99	1,16	9,77	10,90	0,11
Б Бетоны на искусственных пористых заполнителях										
4 Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,50	12,33	0,090
5 То же	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,090
6 “	1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
7 “	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
8 “	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
9 “	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
10 “	600	0,84	0,16	5	10	0,20	0,26	3,03	3,78	0,26
11 “	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,30
12 Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
13 То же	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
14 “	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,90	0,075

Продолжение таблицы А.1

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале W , % (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)				
	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная теплоемкость c , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)			теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°C) (при периоде 24 ч)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	
15 Перлитобетон	1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,50	6,96	8,01	0,15
16 “	1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,50	6,38	0,19
17 “	800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
18 “	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,30
19 Аглопоритобетон и бетоны на топливных (котельных) шлаках	1800	0,84	0,70	5	8	0,85	0,93	10,82	11,98	0,075
20 То же	1600	0,84	0,58	5	8	0,72	0,78	9,39	10,34	0,083
21 “	1400	0,84	0,47	5	8	0,59	0,65	7,92	8,83	0,09
22 “	1200	0,84	0,35	5	8	0,48	0,54	6,64	7,45	0,11
23 “	1000	0,84	0,29	5	8	0,38	0,44	5,39	6,14	0,14
24 Бетон на зольном гравии	1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
25 То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
26 “	1000	0,84	0,24	5	8	0,30	0,35	4,79	5,48	0,12
27 Полистиролбетон	600	0,85	0,10	2	4	0,11	0,12	2,14	2,36	0,06
28 “	500	0,85	0,09	2	4	0,10	0,11	1,86	2,06	0,07
В Бетоны ячеистые										
29 Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	1000	0,84	0,29	6	7	0,36	0,37	5,35	5,53	0,11
29а То же	900	0,84	0,25	6	7	0,32	0,33	4,79	4,95	0,12
30 “	800	0,84	0,21	6	7	0,28	0,29	4,22	4,38	0,14
31 “	700	0,84	0,18	4	5	0,23	0,24	3,51	3,67	0,16
32 “	600	0,84	0,14	4	5	0,18	0,19	2,81	2,95	0,17
33 “	500	0,84	0,12	4	5	0,15	0,16	2,38	2,48	0,20
34 “	400	0,84	0,10	4	5	0,12	0,13	1,96	2,02	0,23
35 “	300	0,84	0,08	4	5	0,09	0,10	1,41	1,48	0,26

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале W , % (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)				
	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная теплоемкость c , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)			теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°C) (при периоде 24 ч)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
36 Газо- и пенозолобетон	1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
37 То же	1000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,50	6,86	8,01	0,098
38 “	800	0,84	0,17	15	22	0,35	0,41	5,48	6,49	0,12
Г Цементные, известковые и гипсовые растворы										
39 Цементно-песчаный	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,60	11,09	0,09
40 Сложный (песок, известь, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,70	0,87	8,95	10,42	0,098
41 Известково-песчаный	1600	0,84	0,47	2	4	0,70	0,81	8,69	9,76	0,12
42 Цементно-шлаковый	1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,00	8,11	0,11
43 То же	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
44 Цементно-перлитовый	1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,30	4,64	5,42	0,15
45 То же	800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
46 Гипсоперлитовый	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
47 Поризованный гипсо-перлитовый	500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
48 То же	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
49 Плиты из гипса	1200	0,84	0,35	4	6	0,41	0,47	6,01	6,70	0,098
50 То же	1000	0,84	0,23	4	6	0,29	0,35	4,62	5,28	0,11
51 Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,36	0,075
II Кирпичная кладка и облицовка природным камнем										
А Кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе										
52 Глиняного обыкновенного	1800	0,88	0,56	1	2	0,70	0,81	9,20	10,12	0,11
53 Силикатного	2000	0,88	1,12	2	4	1,36	1,63	10,99	12,13	0,088
54 “	1900	0,88	0,97	2	4	1,18	140	10,38	11,52	0,090
55 “	1800	0,88	0,81	2	4	0,99	116	9,77	10,90	0,110

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале W , % (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)				
	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная теплоемкость c , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)			теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°C) (при периоде 24 ч)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
56 Силикатного	1700	0,88	0,66	2	4	0,87	1,07	9,16	10,29	0,115
57 “	1600	0,88	0,57	2	4	0,69	0,81	8,59	9,79	0,120
Б Кладка из кирпича и камней пустотных на цементно-песчаном растворе										
58 Керамического плотностью 1400 кг/м ³ (брутто)	1600	0,88	0,47	1	2	0,63	0,78	7,91	8,48	0,14
59 То же, плотностью 1300 кг/м ³ (брутто)	1400	0,88	0,41	1	2	0,55	0,69	7,01	7,58	0,16
60 Камней керамических 18-щелевых плотностью 1600 кг/м ³	1700	0,88	0,47	1	2	0,575	0,630	8,72	9,58	0,15
61 Кирпича силикатного утолщенного	1600	0,88	0,77	2	4	1,03	1,28	8,83	9,91	0,120
62 То же	1400	0,88	0,70	2	4	0,94	1,16	7,93	9,01	0,130
63 Камней силикатных	1400	0,88	0,65	2	4	0,79	0,93	7,93	9,01	0,140
64 То же	1300	0,88	0,58	2	4	0,70	0,81	7,37	8,41	0,150
В Облицовка природным камнем										
65 Гранит, гнейс и базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
66 Мрамор	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
67 Известняк	2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,70	0,06
68 То же	1800	0,88	0,70	2	3	0,93	1,05	10,86	11,77	0,075
69 Известняк	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
70 То же	1400	0,88	0,49	2	3	0,56	0,58	7,42	7,72	0,11
71 Туф	2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
72 “	1800	0,88	0,56	3	5	0,70	0,81	9,61	10,76	0,083
73 “	1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
74 “	1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,60	0,098
75 “	1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
76 “	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,20	4,80	0,11

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале W , % (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)				
	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная теплоемкость c , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)			теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°C) (при периоде 24 ч)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
III Древесина, изделия из нее и других природных органических материалов										
77 Сосна и ель поперек волокон	500	2,30	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
78 Сосна и ель вдоль волокон	500	2,30	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
79 Дуб поререк волокон	700	2,30	0,10	10	15	0,18	0,23	5,00	5,86	0,05
80 Дуб вдоль волокон	700	2,30	0,23	10	15	0,35	0,41	6,90	7,83	0,30
81 Фанера клееная	600	2,30	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
82 Картон облицовочный	1000	2,30	0,18	5	10	0,21	0,23	6,20	6,75	0,06
83 Картон строительный многослойный	650	2,30	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
84 Плиты древесно-волокнистые и древесностружечные, скопоскоп-древесноволокнистые	1000	2,30	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,70	0,12
85 То же	800	2,30	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
86 “	400	2,30	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
87 “	200	2,30	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
88 Плиты фибролитовые и арболит на портландцементе	800	2,30	0,16	10	15	0,24	0,30	6,17	7,16	0,11
89 То же	600	2,30	0,12	10	15	0,18	0,23	4,63	5,43	0,11
90 “	400	2,30	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
91 “	300	2,30	0,07	10	15	0,11	0,14	2,56	2,99	0,30
92 Плиты волокнистые теплоизоляционные из отходов искусственного меха	175	0,84	0,07	7	12	0,098	0,118	1,60	1,71	0,45
93 То же	150	0,84	0,065	7	12	0,093	0,113	1,80	1,47	0,47
94 “	125	0,84	0,060	7	12	0,088	0,108	0,73	0,82	0,49

Продолжение таблицы А.1

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале W , % (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)				
	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная теплоемкость c , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)			теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°C) (при периоде 24 ч)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
95 Плиты льнокостричные изоляционные	250	2,30	0,054	7	12	0,091	0,11	1,30	1,47	0,49
96 Плиты торфяные теплоизоляционные	300	2,30	0,064	15	20	0,07	0,08	2,12	2,34	0,19
97 То же	200	2,30	0,052	15	20	0,06	0,064	1,60	1,71	0,49
98 Пакля	150	2,30	0,05	7	12	0,06	0,07	1,30	1,47	0,49
IV Теплоизоляционные материалы										
А Минераловатные и стекловолокнистые										
99 Маты минераловатные прошивные	125	0,84	0,044	0,6	2,0	0,046	0,051	0,60	0,66	0,56
100 То же	100	0,84	0,043	0,6	2,0	0,045	0,048	0,53	0,57	0,58
101 “	75	0,84	0,042	0,6	2,0	0,043	0,046	0,45	0,48	0,59
102 “	50	0,84	0,041	0,6	2,0	0,042	0,045	0,36	0,39	0,61
103 Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом связующем	250	0,84	0,057	0,6	2,0	0,061	0,069	0,98	1,08	0,45
104 То же	200	0,84	0,054	0,6	2,0	0,057	0,064	0,85	0,93	0,49
105 “	175	0,84	0,051	0,6	2,0	0,053	0,059	0,76	0,83	0,51
106 “	125	0,84	0,048	0,6	2,0	0,050	0,054	0,63	0,67	0,53
107 “	75	0,84	0,045	0,6	2,0	0,047	0,051	0,47	0,51	0,57
Б Полимерные										
108 Плиты пенополистирольные	50	1,34	0,041	2	10	0,043	0,052	0,46	0,55	0,05
109 То же	35	1,34	0,038	2	10	0,041	0,05	0,40	0,48	0,05
110 “	25	1,34	0,041	2	10	0,043	0,052	0,33	0,39	0,05
111 “	15	1,34	0,043	2	10	0,045	0,054	0,25	0,30	0,05
112 Пенополиуретан	80	1,47	0,041	2	5	0,05	0,05	0,67	0,70	0,05

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале W , % (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)				
	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная теплоемкость c , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)			теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°C) (при периоде 24 ч)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	
113 Пенополиуретан	60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
114 “	40	1,47	0,029	2	5	0,04	0,04	0,40	0,42	0,05
115 Плиты из резольно-фенолформальдегидного пенопласта	100	1,68	0,047	5	20	0,052	0,076	0,85	1,18	0,15
116 То же	75	1,68	0,043	5	20	0,05	0,07	0,72	0,98	0,23
117 “	50	1,68	0,041	5	20	0,05	0,064	0,59	0,77	0,23
118 “	40	1,68	0,038	5	20	0,041	0,06	0,48	0,66	0,23
119 Плиты полистирол-бетонные теплоизоляционные	300	0,90	0,085	2	4	0,092	0,10	1,42	1,56	0,08
120 То же	260	0,90	0,075	2	4	0,082	0,09	1,25	1,38	0,085
121 “	230	0,90	0,068	2	4	0,075	0,085	1,12	1,26	0,085
В Засыпки										
122 Гравий керамзитовый	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,23	3,36	3,60	0,21
123 То же	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,20	2,62	2,91	0,23
124 “	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
125 “	300	0,84	0,108	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
126 “	200	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,30	0,26
127 Щебень и песок из перлита вспученного	600	0,84	0,11	1	2	0,111	0,12	2,07	2,20	0,26
128 То же	400	0,84	0,076	1	2	0,087	0,09	1,50	1,56	0,30
129 “	200	0,84	0,06	1	2	0,076	0,08	0,99	1,04	0,34
130 Песок для строительных работ	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
Г Пеностекло и газостекло										
131 Пеностекло и газостекло	200	0,84	0,082	0,2	0,3	0,083	0,086	1,013	1,034	0,0018
132 То же	180	0,84	0,074	0,2	0,3	0,076	0,078	0,920	0,934	0,0027

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале W , % (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)				
	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная теплоемкость c , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)			теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°C) (при периоде 24 ч)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
133 Пеностекло и газостекло	160	0,84	0,066	0,2	0,3	0,068	0,070	0,820	0,834	0,0030
V Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и рулонные покрытия для полов										
А Асбестоцементные										
134 Листы асбестоцементные плоские	1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
135 То же	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,80	0,03
Б Битумные										
136 Битумы нефтяные строительные и кровельные	1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,80	6,80	0,008
137 То же	1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
138 “	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
139 Асфальтобетон	2100	1,08	1,05	0	0	1,05	1,05	13,18	13,18	0,008
140 Изделия из вспученного перлита на битумном связующем	400	1,26	0,111	1	2	0,12	0,13	2,13	2,26	0,04
141 То же	300	1,12	0,087	1	2	0,09	0,099	1,51	1,61	0,04
142 Рубероид, пергамин, толь	600	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	См. приложение Ж
В Линолеумы										
143 Линолеум поливинилхлоридный многослойный	1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,02
144 То же	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,02
145 Линолеум ПВХ на тканевой подоснове	1800	1,47	0,35	0	0	0,35	0,35	8,22	8,22	0,002
146 То же	1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
147 “	1400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002

Окончание таблицы А.1

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале W , % (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)				
	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная теплоемкость c , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)			теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°C) (при периоде 24 ч)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	
VI Металлы и стекло										
148 Сталь стержневая арматурная	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
149 Чугун	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
150 Алюминий	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
151 Медь	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
152 Стекло оконное	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0
<div>Примечания</div> <div>1 Расчетные значения коэффициента теплоусвоения материала в конструкции вычислены по формуле</div> <div>$s = 0,27\sqrt{\lambda\rho(c+0,0419W)},$</div> <div>где λ, ρ, c, W приняты по соответствующим графам настоящей таблицы.</div> <div>2 Для материалов, не указанных в таблице, значения показателей следует принимать по нормативно-технической документации на них.</div> <div>3 Материалы, указанные в поз. 29 – 35, следует применять для ограждающих конструкций помещений с сухим и нормальным влажностными режимами.</div> <div>4 Расчетное массовое отношение влаги в материале при условиях эксплуатации А и Б по таблице 4.2 равно значению сорбционной влажности материала при относительной влажности воздуха 75 % для условий эксплуатации А и значению сорбционной влажности материала при относительной влажности воздуха 90 % — для условий эксплуатации Б. Сорбционную влажность материала следует определять по ГОСТ 24816, коэффициент теплопроводности, соответствующий расчетному массовому отношению влаги в материале при условиях эксплуатации, — по СТБ 1618, сопротивление паропроницанию — по ГОСТ 25898.</div>										

Приложение Б.
(справочное)

Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек

Таблица Б.1

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки $R_T, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$			
	горизонтальной, при потоке тепла снизу вверх, и вертикальной		горизонтальной, при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,10	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,20–0,30	0,15	0,19	0,19	0,24
Примечание — При оклейке одной или обеих поверхностей, ограничивающих воздушную прослойку, алюминиевой фольгой термическое сопротивление следует увеличивать в 2 раза.				