

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ  
Государственное автономное образовательное учреждение  
среднего профессионального образования  
«Мончегорский политехнический колледж»  
(ГАОУ МО СПО «МонПК»)

## **Методическая разработка**

**по выполнению теплотехнического расчета  
ограждающих конструкций**

**по МДК.01.04 «Инженерные сети и оборудование территорий,  
зданий и стройплощадок»**

Специальности 270802 «Строительство и эксплуатация зданий и  
сооружений»

Мончегорск  
2013

Составитель – Елена Александровна Помазова, преподаватель ГАОУ МО СПО «МонПК»

Краткая аннотация:

Настоящие методические рекомендации адресованы студентам дневной и заочной формы обучения специальности 270802 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений» для разработки курсовых проектов по МДК. 01.01. «Проектирование зданий и сооружений» и дипломных проектов, для выполнения контрольной работы студентам заочной формы обучения по учебной дисциплине МДК.01.04.«Инженерные сети и оборудование территорий, зданий и стройплощадок»

Рассмотрены на заседании цикловой комиссии строительных дисциплин  
полное наименование цикловой комиссии

Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2014г.

Председатель ЦК

М.А. Иванова

Рецензент – \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Согласовано  
Заместитель директора по УР

О.В. Першина

## Содержание

	Введение	4
1	Теплотехнический расчет ограждающих конструкции	5
2	Определение параметров наружных климатических условий	7
3	Параметры внутренней среды	7
4	Условия эксплуатации ограждающих конструкций	7
5	Определение показателя градусо-сутки отопительного периода	7
6	Определение нормируемого значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций	8
7	Определение сопротивления теплопередачи запроектированной конструкции стены	10
8	Проверка запроектированной ограждающей конструкции на допустимую величину расчетного температурного периода	11
9	Определение расчетного температурного перепада	12
10	Проверка запроектированной конструкции стены на условие не выпадения конденсата	13
11	Примеры теплотехнических расчетов ограждающих конструкций	13
11.1	Проектное решение	13
11.2	Параметры внутренней среды	13
11.3	Проектирование ограждающей конструкции стены	14
11.4	Проектирование конструкции чердачного перекрытия	16
11.5	Проектирование конструкции покрытия	17
	Приложение В	20
	Приложение Р	21
	Приложение Д	22

## **Введение**

Настоящее пособие может быть использовано при разработке курсовых проектов по МДК. 01.01. «Проектирование зданий и сооружений» и дипломных проектов студентами очной и заочной форм обучения, при выполнении контрольной работы студентами заочной формы обучения по учебной дисциплине МДК.01.04.«Инженерные сети и оборудование территорий, зданий и стройплощадок» основной профессиональной образовательной программы для студентов специальности 270802 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений»

Пособие содержит методы проектирования, расчета теплотехнических характеристик ограждающих конструкций и справочные материалы, позволяющие реализовать требования СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

## Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

### 1 Теоретическая база расчета

Требования к тепловой защите зданий в целях экономии энергии при обеспечении оптимальных параметров микроклимата помещений и долговечности ограждающих конструкций установлены в следующих документах:

**1. СНиП 23-01-99\*** Строительная климатология

**2. СНиП 23-02-2003** Тепловая защита зданий

**3. СП 23-101-2004** Проектирование тепловой защиты зданий

**4. ГОСТ 30494-93** Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

Нормами установлены три показателя тепловой защиты здания:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций зданий;

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

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания.

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

В зданиях производственного назначения необходимо соблюдать требования показателей «а» и «б».

В соответствии с разделом 5 СНиП 23-02 ограждающие конструкции должны проектироваться с соблюдением следующих требований:

- приведенное сопротивление теплопередаче  $R'_o$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , ограждающих конструкций следует принимать не менее нормируемых значений  $R_{\text{reg}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , определяемых по таблице 4 в зависимости от градусо-суток района строительства  $D_d$ ,  $\text{°C} \cdot \text{сут}$ , при этом должно соблюдаться условие

$$R'_o \geq R_{\text{reg}} \quad (1)$$

- Расчетный температурный перепад,  $\text{°C}$ , между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должно превышать нормируемых величин  $\Delta t_n$ , установленных в таблице 5 (СНиП 23-02) и определяются по формуле

$$\Delta t_o = \frac{n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R'_o \cdot a_{\text{int}}}, \quad (2)$$

При этом должно соблюдаться второе условие

$$\Delta t_o < \Delta t_n \quad (3)$$

- Температура внутренней поверхности ограждающих конструкций (за исключением вертикальных светопрозрачных конструкций) в зоне теплопроводных включений (диафрагм, сквозных швов из раствора, стыков панелей, жестких связей облегченной кладки и др.), в углах и оконных откосах должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период года.

$$t_{int} \geq t_d \quad (4)$$

Проектирование тепловой защиты зданий согласно СНиП 23-02 следует выполнять в приведенной ниже последовательности:

1. Выбираем наружные климатические параметры района возведения здания согласно СНиП 23-01
2. Выбираем минимальные значения оптимальных параметров микроклимата внутри здания ГОСТ 30494-93
3. Устанавливаем условия эксплуатации ограждающих конструкций А и Б
4. Рассчитываем градусо-сутки оптимального периода,  $D_d$
5. Определяем нормируемое значение сопротивления теплопередаче  $R_{reg}$  ограждающих конструкций: наружных стен, покрытий, чердачных перекрытий (смотри здание на проектирование) по градусо-суткам отопительного периода
6. Проектируем ограждающую конструкцию и определяем ее приведенное сопротивление теплопередаче  $R_o'$
7. Проверяем ограждающую конструкцию на допустимую величину расчетного температурного перепада  $\Delta t_o$
8. Проверяем ограждающую конструкцию на невыпадение конденсата в местах теплопроводных включений

## **2 Определение параметров наружных климатических условий**

Расчетную температуру наружного воздуха  $t_{ext}$ , °С, следует принимать по средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 согласно СНиП 23-01 для соответствующего городского или сельского пункта.

При отсутствии данных для конкретно пункта расчетную температуру следует принимать для ближайшего 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 СНиП 23-01 (таблица 1, графы 13 и 14 – для медицинских и детских учреждений, графы 11 и 12 – в остальных случаях) для соответствующего населенного пункта.

## **3 Параметры внутренней среды**

Расчетная температура воздуха внутри жилых и общественных зданий  $t_{int}$ , °С, для холодного периода года должна быть не ниже минимальных значений оптимальных температур, приведенных в таблице 1 согласно ГОСТ 30494 и принимается для расчета ограждающих конструкций жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, интернатов, гостиниц и общежитий в интервале 20-22 °С;

- для общественных зданий, административных, бытовых производственных и других зданий и помещений с влажным или мокрым режимом – в интервале 16-21 °С;

- для производственных зданий с сухим и нормальным режимом  $t_{ht}$  принимается по нормам проектирования соответствующих зданий.

## **4 Условия эксплуатации ограждающих конструкций**

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

- определяем по карте зону влажности (влажная, нормальная, сухая) согласно приложению СНиП 23-02; при этом в случае попадания пункта на границу зон влажности следует выбрать более влажную зону;

- определяем влажностный режим помещений (сухой, нормальный, влажный или мокрый) в зависимости от расчетной относительной влажности и температуры внутреннего воздуха в соответствии с таблицей 1- СНиП 23-02;

- Устанавливаем согласно таблице 2 - СНиП 23-02 условия эксплуатации ограждающих конструкций (А или Б) в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности.

Таблица 1 – Влажностный режим помещений зданий

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре, °С		
	до 12	св.12 до 24	св.24
Сухой	до 60	до 50	до 40
Нормальный	св. 60 до 75	св. 50 до 60	св. 40 до 50
Влажный	св. 75	св. 60 до 75	св. 50 до 60
Мокрый	-	св. 75	св. 60

Таблица 2 – Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений зданий (по таблице 1)	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности (по приложению В)		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

### 5 Определение показателя градусо-сутки отопительного периода $D_d$ , °С·сут.,

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot Z_{ht} \quad (5)$$

где  $t_{int}$  – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания °С, принимаемая для лечебно – профилактических и детских учреждений школ, гостиниц и общежитий по ГОСТ 30 494 (в интервале 20-22°С), для общественных зданий, кроме указанных выше, административных, бытовых; производственных и других зданий и помещений с влажным и мокрым режимом в интервале 16-21°С. Для зданий производственного назначения с сухим и нормальным режимами  $t_{int}$  принимается по нормам проектирования соответствующих зданий;

$t_{ht}, Z_{ht}$  - средняя температура наружного воздуха, °С и продолжительность, сут., отопительного периода, принимаемые по СНиП 23-01 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 10°С - при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых, и не более 8°С - в остальных случаях.

### 6 Определение нормируемого значения сопротивления теплопередаче

$R_{reg}$ , (м<sup>2</sup> · °С/Вт), ограждающих конструкций

Расчет выполняется с учетом таблицы 4 СНиП 23-02 в зависимости от градусо-суток района строительства.

Если значение градусо-суток отличается от табличного, то нормируемое сопротивление теплопередаче конструкции определяется по формуле



$$R_{reg} = a \cdot D_d + b \quad (6)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты, значения которых принимают по данным таблицы 4

СНиП 23-02

Таблица 4 – Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты $a$ и $b$	Градусо-сутки отопительного периода $D_d$ , °C·сут.	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче $R_{reg}$ , м <sup>2</sup> · °C/Вт, ограждающих конструкций				
		Стен	Покрытый и перекрытый над проездами	Перекрытый чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей с вертикальным остеклением
1	2	3	4	5	6	7
1 Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
$a$	-	0,00035	0,0005	0,00045	-	0,000025
$b$	-	1,4	2,2	1,9	-	0,25
2 Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимом	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
$a$	-	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
$b$	-	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
3 Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
$a$	-	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025
$b$	-	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15

### 7 Определение сопротивления теплопередачи запроектированной конструкции стены $R_{ow}^r$ , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,

$$R_{ow}^r = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{ext}}, \quad (7)$$

где  $\alpha_{int}$  – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, принимаем по таблице 7 СНиП 23-02

Таблица 7 – Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{int}$ , Вт/( $\text{м}^2\text{°C}$ )
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты $h$ ребер к расстоянию $a$ между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9
Примечание – Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{int}$ внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии с СНиП 2.10.03.	

$\alpha_{ext}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, Вт/( $\text{м}^2\text{°C}$ ), принимаемый по таблице 8 СНиП 23-101-2004

Таблица 8 – Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности  $\alpha_{ext}$  для условий холодного периода

№ п/п	Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{ext}$ , Вт/( $\text{м}^2\text{°C}$ )
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	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

$\delta_1 \dots \delta_n$  - толщина последовательно соединенных слоев конструкции, м;  
 $\lambda_1 \dots \lambda_n$  - расчетный коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м<sup>0</sup>С),  
 принимаемый в зависимости от условий эксплуатации конструкции по приложению Д  
 СП 23-101-2004 (см. приложение «Д» данного пособия)

При наличии в ограждающей конструкции прослойки, вентилируемой наружным воздухом, слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой и наружной поверхностью, в теплотехническом расчете не учитываются.

На поверхности конструкции, обращенной в сторону вентилируемой наружным воздухом прослойки, следует принимать коэффициент теплоотдачи  $\alpha_{\text{ext}} = 10,8$  Вт/(м<sup>2</sup>°С).

### 8 Проверка запроектированной ограждающей конструкции на допустимую величину расчетного температурного периода

Расчетный температурный период  $\Delta t_o$ , °С, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемую величину  $\Delta t_n$

$$\Delta t_o \leq \Delta t_n \quad (8)$$

Нормируемый температурный период между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающих конструкций устанавливаем по таблице 5 СНиП 23-02

Таблица 5 – Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад $\Delta t_n$ , °С, для			
	Наружных стен	Покрытий и чердачных перекрытий	Перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	Зенитных фонарей
1	2	3	4	5
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_{\text{int}} - t_d$
2. Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_{\text{int}} - t_d$
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	$t_{\text{int}} - t_d$ , но не более 7	$0,8(t_{\text{int}} - t_d)$ , но не более 6	2,5	$t_{\text{int}} - t_d$

1	2	3	4	5
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_{int} - t_d$	$0,8(t_{int} - t_d)$	2,5	-
5. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м <sup>3</sup> ) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха более 50%	12	12	2,5	$t_{int} - t_d$
Обозначения: $t_{int}$ – то же, что в формуле (2); $t_d$ – температура точки росы, °С, при расчетной температуре $t_{int}$ и относительной влажности внутреннего воздуха, принимаемым согласно 5.9 и 5.10 СанПиН 2.1.2.1002, ГОСТ 12.1.005 и СанПиН 2.2.4.548, СНиП 41-01 и нормам проектирования соответствующих зданий. Примечание – Для зданий картофеле- и овощехранилищ нормируемый температурный перепад $\Delta t_n$ для наружных стен, покрытий и чердачных перекрытий следует принимать по СНиП 2.11.02.				

### 9 Определение расчетного температурного перепада $\Delta t_o$ , °С,

$$\Delta t_o = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_o^r \cdot a_{int}} \quad (9)$$

где  $n$  – коэффициент принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, принимаемое согласно таблице 6 СНиП 23-02 с учетом примечания к этой таблице,

$t_{ext}$  - расчетная температура наружного воздуха в холодный период года (температура для всех зданий принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки),

Таблица 6 – Коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху

Ограждающие поверхности	Коэффициент $n$
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), зенитные фонари, перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной климатической зоне	1
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной климатической зоне	0,9
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4
Примечание – Для чердачных перекрытий теплых чердаков и цокольных перекрытий над подвалами с температурой воздуха в них $t_c$ большей, но меньшей $t_{int}$ коэффициент $n$ следует определять по формуле $n = (t_{int} - t_c) / (t_{int} - t_{ext}). \quad (5)$	

## 10 Проверка запроектированной конструкции стены на условие не выпадения конденсата

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции  $\tau_{int}$  должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха  $t_d$  при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период.

$$\tau_{int} \geq t_d \quad (10)$$

Температуру внутренней поверхности  $\tau_{int}$  однородной однослойной или многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями следует определять по формуле

$$\tau_{int} = t_{int} - [n(t_{int} - t_{ext})] / R_o \cdot \alpha_{int} \quad (11)$$

## 11 Примеры теплотехнических расчетов ограждающих конструкций

### 11.1 Проектное решение

Конструктивная схема здания – бескаркасная с несущими продольными стенами; перекрытие – безбалочное, фундаменты – сборные, крыша скатная с холодным чердаком. Наружные стены кирпичные, многослойные с утеплителем из минераловатных плит из базальтового волокна. Чердачное перекрытие здания выполнено в виде сборочных многопустотных плит, утепленных минераловатными плитами из базальтового волокна.

Район проектирования г. Москва.

Наружные климатические параметры.

Согласно СНиП 23-01 расчетная температура наружного воздуха в холодный период года для условий г. Москва  $t_{ext} = -28 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Продолжительность  $Z_{ht} = 231$  сут. и средняя температура наружного воздуха  $t_{ht} = -2,2 \text{ }^\circ\text{C}$  за отопительный период (таблица 1, гр. 5, 11, 12)

### 11.2 Параметры внутренней среды

Согласно ГОСТ 30494 расчетная температура внутреннего воздуха (для жилых зданий принимаем в интервале  $20-22 \text{ }^\circ\text{C}$ )  $t_{int} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ , относительная влажность внутри здания  $\phi_{int} = 55\%$  (таблица 1 СНиП 23-02).

Температура точки росы внутри здания для холодного периода  $t_d = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$  (приложение Р СП 23-101-2004).

Условия эксплуатации ограждающих конструкций устанавливаются в зависимости от влажностных режимов помещения и зоны влажности района строительства.

Согласно СНиП 23-02, таблица 1, влажностный режим помещения – нормальный.

Зона влажности, определяемая по карте зон влажности (приложение В СНиП 23-02) 2 – нормальная.

По таблице 2 СНиП 23-02 устанавливаем, что коэффициенты теплопроводности используемых материалов в ограждающих конструкциях необходимо брать для условия Б.

Градусо-сутки отопительного периода  $D_d$ ,  $^\circ\text{C}\cdot\text{сут.}$  для г. Москва определяем по формуле

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) \cdot Z_{\text{ht}} = (21 - (-2,2)) \cdot 231 = 5359 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{сут.}$$

Согласно СНиП 23-02 для этих градусо-суток нормируемое сопротивление теплопередаче,  $R_{\text{reg}}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , т.к. оно отличается от табличного (таблица 4 СНиП 23-02) определяется по формуле

Определение нормируемого сопротивление теплопередаче для наружных стен,  $R_{\text{reg}}^w$

$$R_{\text{reg}}^w = a \cdot D_d + b = 0,00035 \cdot 5359 + 1,4 = 3,28 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Определение нормируемого сопротивление теплопередаче для чердачного перекрытия  $R_{\text{reg}}^c$

$$R_{\text{reg}}^c = 0,00045 \cdot 5359 + 1,9 = 4,31 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

### 11.3 Проектирование ограждающей конструкции стены

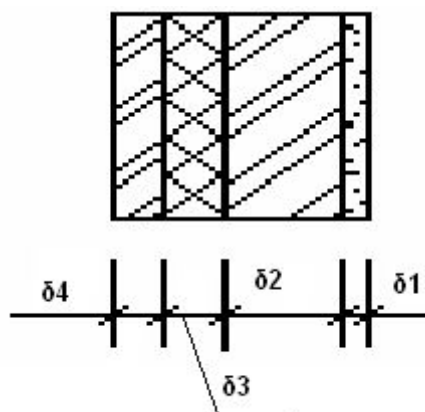


Рисунок 1 – Конструкция стены

#### Материалы стены

1. Штукатурка – известково-песчан. раствор  $\delta_1=0,02 \text{ м}$ ,  $\rho_1=1600 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda_1=0,81 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$
2. Кирпичная кладка из сплошного кирпича глиняного обыкновенного на цементно - песчаном растворе  $\delta_2=0,38 \text{ м}$ ,  $\rho_2=1800 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda_2=0,81 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$
3. Минераловатные плиты производства ЗАО «Минеральная вата» марки Венти – Баттс  $\delta_3=0,12 \text{ м}$ ,  $\rho_3=100 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda_3=0,045 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$
4. Облицовка силикатным кирпичом на цементно - песчаном растворе  $\delta_4=0,12 \text{ м}$ ,  $\rho_4=1800 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda_4=0,87 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$

Определение сопротивления теплопередаче запроектированной многослойной конструкции стены.

$$R_{ow}^r = \frac{1}{a_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{a_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,12}{0,045} + \frac{0,12}{0,87} + \frac{1}{23} =$$

$$= 0,115 + 0,025 + 0,47 + 2,67 + 0,14 + 0,043 = 3,46 \text{ } \hat{N} / \hat{A} \hat{o}$$

**Вывод:**  $R_{ow}^r = 3,46 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт} > R_{reg}^w = 3,28 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , следовательно требование «а» СНиП 23-02 выполняется.

#### **Проверка запроектированной конструкции на соответствие санитарно-гигиеническому показателю.**

Расчетный температурный перепад  $\Delta t_o$ ,  $^\circ\text{C}$ , между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемую величину  $\Delta t_n$

Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающих конструкций устанавливаем по таблице 5 СНиП 23-02.

$$\Delta t_n = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**Определение расчетного температурного перепада  $\Delta t_o$ ,  $^\circ\text{C}$  :**

$$\Delta t_o = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_{ow}^r \cdot a_{int}} = \frac{1(21 - (-28))}{3,46 \cdot 8,7} = \frac{49}{3,46 \cdot 8,7} = 1,62 \hat{N}$$

**Вывод:**  $\Delta t_o = 1,62 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_n = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$  - условие выполняется.

#### **Проверка запроектированной конструкции стены на условие невыпадения конденсата.**

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции  $\tau_{int}$  должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период.

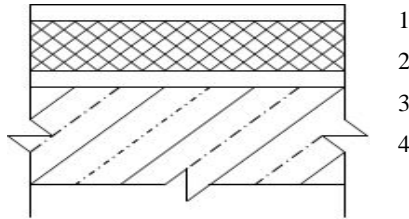
Температуру внутренней поверхности  $\tau_{int}$  определяем по формуле

$$\tau_{int} = t_{int} - [n(t_{int} - t_{ext})] / R_{ow}^r \cdot a_{int} = 21 - [1(21 - (-28))] / 3,46 \cdot 8,7 = 19,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**Вывод:**  $\tau_{int} = 19,4 \text{ } ^\circ\text{C} > t_d = 10,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ , следовательно, при расчетной температуре наружного воздуха  $-28 \text{ } ^\circ\text{C}$  выпадения конденсата не будет.

**Окончательный вывод:**

Принятая конструкция наружной стены соответствует требованиям тепловой защиты здания. Общая толщина стены  $\delta_{ст} = 0,02 + 0,38 + 0,12 + 0,12 = 0,64$  м

**11.4 Проектирование конструкции чердачного перекрытия****Материалы перекрытия**

1. Влагозащитная пленка «Изоспан А»
2. Утеплитель – плиты минераловатные ЗАО «Миниральная вата»  $\rho_{02} = 180 \text{ кг/м}^3$ ,  $\delta_2 = 0,20$  м,  $\lambda_2 = 0,048 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$
3. Пароизоляционная пленка «Изоспан В»
4. Многослойная железобетонная плита покрытия  $\delta_4 = 0,22$  м,  $R_4 = 0,158 \text{ м}^2\text{C/Вт}$

**Определение сопротивления теплопередачи запроектированной конструкции перекрытия**

$$R_{oc}^r = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + R_4^r + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,20}{0,048} + 0,158 + \frac{1}{23} = 0,115 + 4,17 + 0,158 + 0,043 = 4,48 \text{ м}^2\text{C/Вт}$$

Слои 1 и 3 из-за незначительных размеров в расчетах не учитываем.

**Вывод:**  $R_{oc}^r = 4,48 \text{ м}^2\text{C/Вт} > R_{reg}^c = 4,31 \text{ м}^2\text{C/Вт}$  - условие выполняется.

**Проверка запроектированной конструкции чердачного перекрытия на допустимую величину расчетного температурного перепада  $\Delta t_o$ .**

Расчетный температурный перепад  $\Delta t_o$  не должен превышать нормируемую величину  $\Delta t_n = 3^\circ\text{C}$  (таблица 5 СНиП 23-02).

$$\Delta t_o = \frac{1[21 - (-28)]}{4,48 \cdot 8,7} = \frac{49}{4,48 \cdot 8,7} = 1,26^\circ\text{C}$$

**Вывод:**  $\Delta t_o = 1,26^\circ\text{C} < \Delta t_n = 3^\circ\text{C}$  - условие выполняется.



### **Проверяем запроектированную конструкцию чердачного перекрытия на условие невыпадения конденсата.**

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции  $t_{int}$  должна быть не ниже температуры точки росы  $t_d$  внутреннего воздуха при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период.  $t_d = 10,7^\circ\text{C}$

$$t_{int} = 21 - [1(20 - (-28))]/ 4,48 \cdot 8,7 = 19,74^\circ\text{C}$$

Вывод:  $t_{int} = 19,74^\circ\text{C} > t_d = 10,7^\circ\text{C}$  - условие выполняется, следовательно, при расчетной температуре наружного воздуха  $-28^\circ\text{C}$  выпадать конденсат не будет.

#### **Окончательный вывод:**

Принятая конструкция чердачного перекрытия соответствует требованиям тепловой защиты здания.

## **11.5 Проектирование конструкции покрытия**

**Исходные данные:** жилой дом в г. Оленегорске, крыша совмещенная неветилируемая.

Согласно СНиП 23-01 климатические параметры г. Оленегорска следующие:

- расчетная температура наружного воздуха  $t_{ext}$  определяется по температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, равна  $-30^\circ\text{C}$ ;
- продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой наружного воздуха  $\leq 8^\circ\text{C}$  равна  $Z_{ht} = 271$  сут.;
- средняя температура наружного воздуха за отопительный период  $t_{ht}$  – минус  $4,5^\circ\text{C}$ .

Согласно ГОСТ 30494 и СанПиН 2.12.1002 отопительная расчетная температура внутреннего воздуха жилого здания  $t_{int} = 20^\circ\text{C}$ .

Согласно СНиП 23-02 расчетная относительная влажность воздуха из условия невыпадения конденсата на внутренних поверхностях наружных ограждений равна  $\phi_{int} = 55\%$ . Коэффициенты теплопроводности  $\lambda$ , используемых материалов, принимаем по условиям эксплуатации Б.

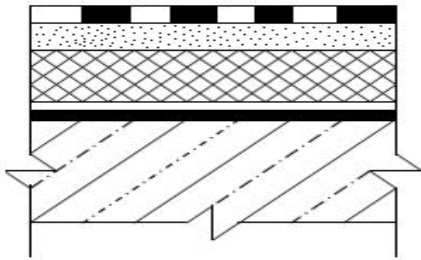
#### **Определение показателя градусо-сутки отопительного периода**

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot Z_{ht} = (20 + 4,5) \cdot 271 = 6639,5^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$$

По таблице 4 СНиП 23-02 определяем нормируемое значение сопротивления теплопередаче для покрытия  $R_{reg}$ ,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ . Так как полученное  $D_d$  отличается от табличного, то определяем  $R_{reg}$  :

$$R_{reg} = a \cdot D_d + b = 0,0005 \cdot 6639,5 + 2,2 = 5,52 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

### Проектная конструкция покрытия



1. Гидроизоляционный слой – 3 слоя изопласта  $\delta_1 = 0,015 \text{ мм}$
2. Цементно-песчаная стяжка
3. Влагозащитная пленка «Изоспан А»
4. Утеплитель – плиты минераловатные ЗАО «Минеральная вата»  $\rho_{03} = 180 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda_3 = 0,048 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$
5. Пароизоляционная пленка «Изоспан В»
6. Многоспустотная железобетонная плита покрытия  $\delta_6 = 0,220 \text{ м}$ ,  $R_{ж/б.п} = 0,158 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт}$

### Определение сопротивления теплопередачи запроектированной конструкции покрытия

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + R_{a./\hat{a}.i.} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + 0,158 + \frac{0,25}{0,048} + \frac{0,020}{0,93} + \frac{1}{23} =$$

$$= 0,115 + 0,158 + 5,21 + 0,022 + 0,043 = 5,55 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Слои 1, 3, 5 из-за незначительных размеров в расчетах не учитываем

### Проверка запроектированной конструкции на соответствие санитарно-гигиеническому показателю.

Расчетный температурный перепад  $\Delta t_o$ ,  $^\circ\text{C}$ , между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемую величину  $\Delta t_n = 3^\circ\text{C}$ .

$$\Delta t_o = \frac{1[20 - (-30)]}{5,5 \cdot 8,7} = \frac{50}{48,28} = 1,04^\circ\text{C}$$

**Вывод:**  $\Delta t_o = 1,04^\circ\text{C} < \Delta t_n = 3^\circ\text{C}$  - условие выполняется.

### Проверка запроектированной конструкции на условие невыпадения конденсата.

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции  $\tau_{int}$  должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период.  $t_d = 10,7^\circ\text{C}$

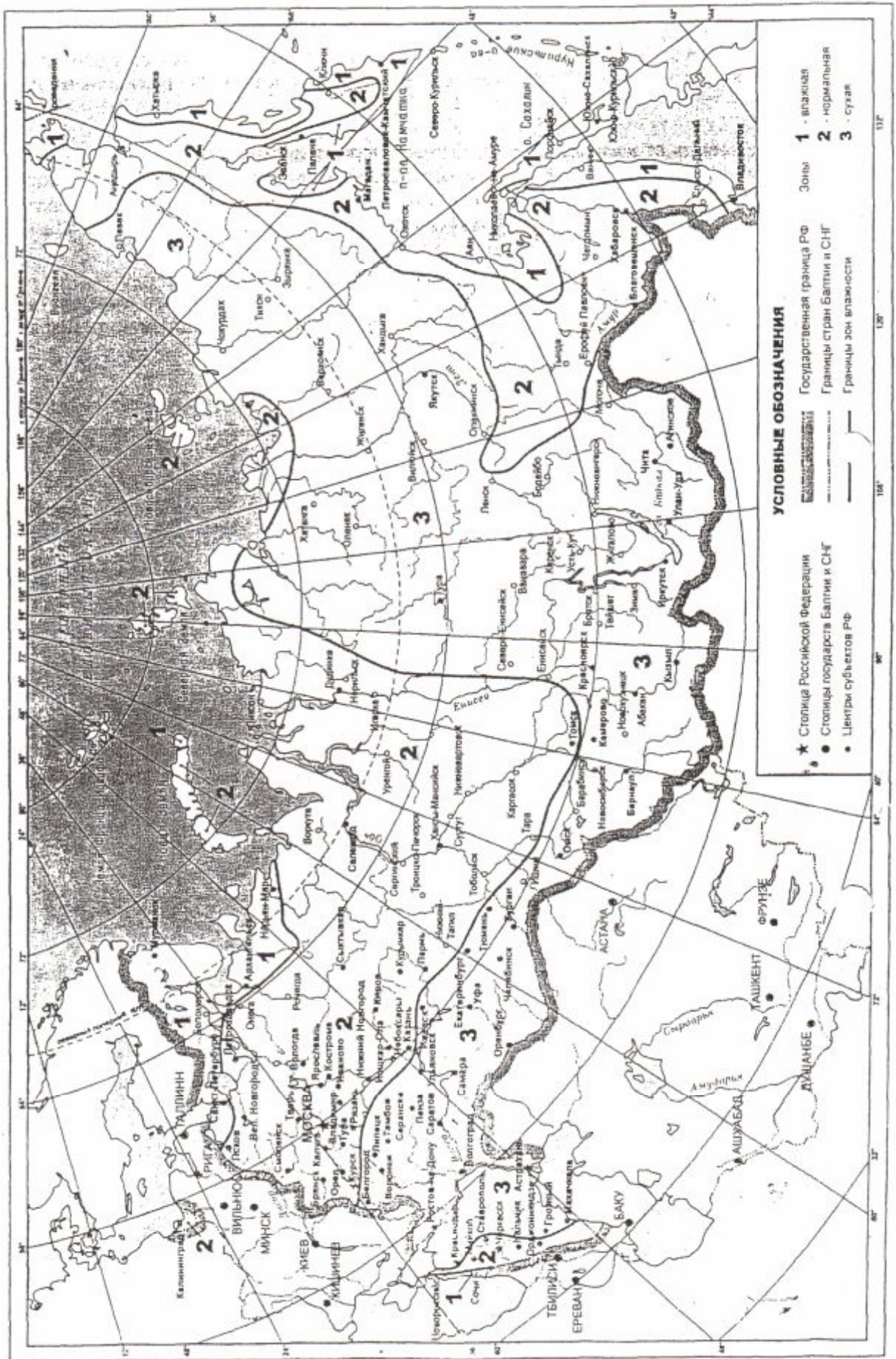
$$\tau_{int} = t_{int} - [n(t_{int} - t_{ext})] / R \cdot \alpha_{int} = 20 - [1(20 - (-30))] / 5,5 \cdot 8,7 = 18,96^\circ\text{C}$$

**Вывод:**  $t_{\text{int}} = 18,96 \text{ }^{\circ}\text{C} > t_{\text{d}} = 10,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$  – условие выполняется, следовательно, при расчетной температуре наружного воздуха  $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$  выпадения конденсата не будет.

**Окончательный вывод:**

Принятая конструкция покрытия соответствует требованиям тепловой защиты здания.

КАРТА ЗОН ВЛАЖНОСТИ



**ТЕМПЕРАТУРА ТОЧКИ РОСЫ  $t_d$ , °С, ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ  
ТЕМПЕРАТУРЫ  $t_{int}$  И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ  $\varphi_{int}$ , %, ВОЗДУХА В  
ПОМЕЩЕНИИ (СП 23-101-2004)**

$t_{int}$ , °С	$t_d$ , °С, при $\varphi_{int}$ , %											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
-5	-15,3	-14,04	-12,9	-11,84	-10,83	-9,96	-9,11	-8,31	-7,62	-6,89	-6,24	-5,6
-4	-14,4	-13,1	-11,93	-10,84	-9,89	-8,99	-8,11	-7,34	-6,62	-5,89	-5,24	-4,6
-3	-13,42	-12,16	-10,98	-9,91	-8,95	-7,99	-7,16	-6,37	-5,62	-4,9	-4,24	-3,6
-2	-12,58	-11,22	-10,04	-8,98	-7,95	-7,04	-6,21	-5,4	-4,62	-3,9	-3,34	-2,6
-1	-11,61	-10,28	-9,1	-7,98	-7,0	-6,09	-5,21	-4,43	-3,66	-2,94	-2,34	-1,6
0	-10,65	-9,34	-8,16	-7,05	-6,06	-5,14	-4,26	-3,46	-2,7	-1,96	-1,34	-0,62
1	-9,85	-8,52	-7,32	-6,22	-5,21	-4,26	-3,4	-2,58	-1,82	-1,08	-0,41	0,31
2	-9,07	-7,72	-6,52	-5,39	-4,38	-3,44	-2,56	-1,74	-0,97	-0,24	0,52	1,29
3	-8,22	-6,88	-5,66	-4,53	-3,52	-2,57	-1,69	-0,88	-0,08	0,74	1,52	2,29
4	-7,45	-6,07	-4,84	-3,74	-2,7	-1,75	-0,87	-0,01	0,87	1,72	2,5	3,26
5	-6,66	-5,26	-4,03	-2,91	-1,87	-0,92	-0,01	0,94	1,83	2,68	3,49	4,26
6	-5,81	-4,45	-3,22	-2,08	-1,04	-0,08	0,94	1,89	2,8	3,68	4,48	5,25
7	-5,01	-3,64	-2,39	-1,25	-0,21	0,87	1,9	2,85	3,77	4,66	5,47	6,25
8	-4,21	-2,83	-1,56	-0,42	-0,72	1,82	2,86	3,85	4,77	5,64	6,46	7,24
9	-3,41	-2,02	-0,78	0,46	1,66	2,77	3,82	4,81	5,74	6,62	7,45	8,24
10	-2,62	-1,22	0,08	1,39	2,6	3,72	4,78	5,77	6,71	7,6	8,44	9,23
11	-1,83	-0,42	0,98	1,32	3,54	4,68	5,74	6,74	7,68	8,58	9,43	10,23
12	-1,04	0,44	1,9	3,25	4,48	5,63	6,7	7,71	8,65	9,56	10,42	11,22
13	-0,25	1,35	2,82	4,18	5,42	6,58	7,66	8,68	9,62	10,54	11,41	12,21
14	0,63	2,26	3,76	5,11	6,36	7,53	8,62	9,64	10,59	11,52	12,4	13,21
15	1,51	3,17	4,68	6,04	7,3	8,48	9,58	10,6	11,59	12,5	13,38	14,21
16	2,41	4,08	5,6	6,97	8,24	9,43	10,54	11,57	12,56	13,48	14,36	15,2
17	3,31	4,99	6,52	7,9	9,18	10,37	11,5	12,54	13,53	14,46	15,36	16,19
18	4,2	5,9	7,44	8,83	10,12	11,32	12,46	13,51	14,5	15,44	16,34	17,19
19	5,09	6,81	8,36	9,76	11,06	12,27	13,42	14,48	15,47	16,42	17,32	18,19
20	6,0	7,72	9,28	10,69	12,0	13,22	14,38	15,44	16,44	17,4	18,32	19,18
21	6,9	8,62	10,2	11,62	12,94	14,17	15,33	16,4	17,41	18,38	19,3	20,18
22	7,69	9,52	11,12	12,56	13,88	15,12	16,28	17,37	18,38	19,36	20,3	21,6
23	8,68	10,43	12,03	13,48	14,82	16,07	17,23	18,34	19,38	20,34	21,28	22,15
24	9,57	11,34	12,94	14,41	15,76	17,02	18,19	19,3	20,35	21,32	22,26	23,15
25	10,46	12,75	13,86	15,34	16,7	17,97	19,15	20,26	21,32	22,3	23,24	24,14
26	11,35	13,15	14,78	16,27	17,64	18,95	20,11	21,22	22,29	23,28	24,22	25,14
27	12,24	14,05	15,7	17,19	18,57	19,87	21,06	22,18	23,26	24,26	25,22	26,13
28	13,13	14,95	16,61	18,11	19,5	20,81	22,01	23,14	24,23	25,24	26,2	27,12
29	14,02	15,86	17,52	19,04	20,44	21,75	22,96	24,11	25,2	26,22	27,2	28,12
30	14,92	16,77	18,44	19,97	21,38	22,69	23,92	25,08	26,17	27,2	28,18	29,11
31	15,82	17,68	19,36	20,9	22,32	23,64	24,88	26,04	27,14	28,08	29,16	30,1
32	16,71	18,58	20,27	21,83	23,26	24,59	25,83	27,0	28,11	29,16	30,16	31,19
33	17,6	19,48	21,18	22,76	24,2	25,54	26,78	27,97	29,08	30,14	31,14	32,19
34	18,49	20,38	22,1	23,68	25,14	26,49	27,74	28,94	30,05	31,12	32,12	33,08
35	19,38	21,28	23,02	24,6	26,08	27,64	28,7	29,91	31,02	32,1	33,12	34,08

### РАСЧЕТНЫЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по СНиП 23-02)							
		плотность $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	удельная теплоемкость $c_0$ , кДж/(кг·°С)	коэффициент теплопроводности $\lambda_0$ , Вт/(м·°С)	массового отношения влаги в материале $w$ , %		теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·°С)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) $s$ , Вт/(м·°С)		паропроницаемости $\mu$ , мг/(м·ч·Па)	
					А	Б	А	Б	А	Б		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>I</b>	<b>Теплоизоляционные материалы (ГОСТ 16381)</b>											
<b>A</b>	<i>Полимерные</i>											
1	Пенополистирол	150	1,34	0,05	1	5	0,052	0,06	0,89	0,99	0,05	
2	»	100	1,34	0,041	2	10	0,041	0,052	0,65	0,82	0,05	
3	Пенополистирол (ГОСТ 15588)	40	1,34	0,037	2	10	0,041	0,05	0,41	0,49	0,05	
4	Пенополистирол ОАО «СП Радослав»	18	1,34	0,042	2	10	0,042	0,043	0,28	0,32	0,02	
5	То же	24	1,34	0,04	2	10	0,04	0,041	0,32	0,36	0,02	
6	Экструдированный пенополистирол Стиродур 2500С	25	1,34	0,029	2	10	0,031	0,031	0,28	0,31	0,013	
7	То же, 2800С	28	1,34	0,029	2	10	0,031	0,031	0,30	0,33	0,013	
8	То же, 3035С	33	1,34	0,029	2	10	0,031	0,031	0,32	0,36	0,013	
9	То же, 4000С	35	1,34	0,030	2	10	0,031	0,031	0,34	0,37	0,005	
10	То же, 5000С	45	1,34	0,030	2	10	0,031	0,031	0,38	0,42	0,005	
11	Пенополистирол Стиропор PS15	15	1,34	0,039	2	10	0,040	0,044	0,25	0,29	0,035	
12	То же, PS20	20	1,34	0,037	2	10	0,038	0,042	0,28	0,33	0,030	
13	То же, PS30	30	1,34	0,035	2	10	0,036	0,040	0,33	0,39	0,030	

14	Экструдированный пенополистирол «Стайрофоам»	28	1,45	0,029	2	10	0,030	0,031	0,31	0,34	0,006
15	То же, «Руфмат»	32	1,45	0,028	2	10	0,029	0,029	0,32	0,36	0,006
16	То же, «Руфмат А»	32	1,45	0,030	2	10	0,032	0,032	0,34	0,37	0,006
16а	То же, «Флурмат 500»	38	1,45	0,027	2	10	0,028	0,028	0,34	0,38	0,006
17	То же, «Флурмат 500А»	38	1,45	0,030	2	10	0,032	0,032	0,37	0,41	0,006
18	То же, «Флурмат 200»	25	1,45	0,028	2	10	0,029	0,029	0,28	0,31	0,006
19	То же, «Флурмат 200А»	25	1,45	0,029	2	10	0,031	0,031	0,29	0,32	0,006
20	Пенопласт ПХВ-1 и ПВ1	125	1,26	0,052	2	10	0,06	0,064	0,86	0,99	0,23
21	То же	100 и менее	1,26	0,041	2	10	0,05	0,052	0,68	0,8	0,23
22	Пенополиуретан	80	1,47	0,041	2	5	0,05	0,05	0,67	0,7	0,05
23	»	60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
24	»	40	1,47	0,029	2	5	0,04	0,04	0,4	0,42	0,05
25	Плиты из резольно-фенолформальдегидного пенопласта (ГОСТ 20916)	90	1,68	0,045	5	20	0,053	0,073	0,81	1,10	0,15
26	То же	80	1,68	0,044	5	20	0,051	0,071	0,75	1,02	0,23
27	»	50	1,68	0,041	5	20	0,045	0,064	0,56	0,77	0,23
28	Перлитопластбетон	200	1,05	0,041	2	3	0,052	0,06	0,93	1,01	0,008
29	»	100	1,05	0,035	2	3	0,041	0,05	0,58	0,66	0,008
30	Перлитофосфогелевые изделия	300	1,05	0,076	3	12	0,08	0,12	1,43	2,02	0,2
31	То же	200	1,05	0,064	3	12	0,07	0,09	1,1	1,43	0,23
32	Теплоизоляционные изделия из вспененного синтетического каучука «Аэрофлекс»	80	1,806	0,034	5	15	0,04	0,054	0,65	0,71	0,003
33	То же, «К флекс»:										
	ЕС	60-80	1,806	0,039	0	0	0,039	0,039	0,6	0,6	0,010
	ST	60-80	1,806	0,039	0	0	0,039	0,039	0,6 0,65	0,6	0,009
	ЕСО	60-95	1,806	0,041	0	0	0,041	0,041	0,65	0,65	0,010

34	Экструзионный пенополистирол «Пеноплэкс», тип 35	35	1,65	0,028	2	3	0,029	0,030	0,36	0,37	0,018
35	То же, тип 45	45	1,53	0,030	2	3	0,031	0,032	0,40	0,42	0,015
<b>Б</b>	<i>Минераловатные (ГОСТ 4640), стекловолокнистые, пеностекло, газостекло</i>										
36	Маты минераловатные прошивные (ГОСТ 21880)	125	0,84	0,044	2	5	0,064	0,07	0,73	0,82	0,30
37	Маты минераловатные прошивные (ГОСТ 21880)	100	0,84	0,044	2	5	0,061	0,067	0,64	0,72	0,49
38	То же	75	0,84	0,046	2	5	0,058	0,064	0,54	0,61	0,49
39	Маты минераловатные на синтетическом связующем (ГОСТ 9573)	225	0,84	0,054	2	5	0,072	0,082	1,04	1Д9	0,49
40	То же	175	0,84	0,052	2	5	0,066	0,076	0,88	1,01	0,49
41	»	125	0,84	0,049	2	5	0,064	0,07	0,73	0,82	0,49
42	»	75	0,84	0,047	2	5	0,058	0,064	0,54	0,61	0,53
43	Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующих (ГОСТ 9573, ГОСТ 10140, ГОСТ 22950)	250	0,84	0,058	2	5	0,082	0,085	1,17	1,28	0,41
44	То же	225	0,84	0,058	2	5	0,079	0,084	1,09	1,20	0,41
45	»	200	0,84	0,056	2	5	0,076	0,08	1,01	1Д1	0,49
46	»	150	0,84	0,050	2	5	0,068	0,073	0,83	0,92	0,49
47	»	125	0,84	0,049	2	5	0,064	0,069	0,73	0,81	0,49
48	»	100	0,84	0,044	2	5	0,06	0,065	0,64	0,71	0,56
49	»	75	0,84	0,046	2	5	0,056	0,063	0,53	0,60	0,6
50	Плиты минераловатные ЗАО «Минеральная вата»	180	0,84	0,038	2	5	0,045	0,048	0,74	0,81	0,3
51	То же	140-175	0,84	0,037	2	5	0,043	0,046	0,68	0,75	0,31
52	»	80-125	0,84	0,036	2	5	0,042	0,045	0,53	0,59	0,32
53	»	40-60	0,84	0,035	2	5	0,041	0,044	0,37	0,41	0,35
54	»	25-50	0,84	0,036	2	5	0,042	0,045	0,31	0,35	0,37



55	Плиты минераловатные повышенной жесткости на органофосфатном связующем	200	0,84	0,064	1	2	0,07	0,076	0,94	1,01	0,45
56	Плиты полужесткие минераловатные на крахмальном связующем	200	0,84	0,07	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,38
57	То же	125	0,84	0,056	2	5	0,06	0,064	0,70	0,78	0,38
58	Плиты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем (ГОСТ 10499)	45	0,84	0,047	2	5	0,06	0,064	0,44	0,5	0,6
59	Маты и полосы из стеклянного волокна прошивные	150	0,84	0,061	2	5	0,064	0,07	0,8	0,9	0,53
60	Маты из стеклянного штапельного волокна «URSA»	25	0,84	0,04	2	5	0,043	0,05	0,27	0,31	0,61
61	То же	17	0,84	0,044	2	5	0,046	0,053	0,23	0,26	0,66
62	»	15	0,84	0,046	2	5	0,048	0,053	0,22	0,25	0,68
63	»	11	0,84	0,048	2	5	0,05	0,055	0,19	0,22	0,7
64	Плиты из стеклянного штапельного волокна «URSA»	85	0,84	0,044	2	5	0,046	0,05	0,51	0,57	0,5
65	То же	75	0,84	0,04	2	5	0,042	0,047	0,46	0,52	0,5
66	»	60	0,84	0,038	2	5	0,04	0,045	0,4	0,45	0,51
67	»	45	0,84	0,039	2	5	0,041	0,045	0,35	0,39	0,51
68	»	35	0,84	0,039	2	5	0,041	0,046	0,31	0,35	0,52
69	»	30	0,84	0,04	2	5	0,042	0,046	0,29	0,32	0,52
70	»	20	0,84	0,04	2	5	0,043	0,048	0,24	0,27	0,53
71	»	17	0,84	0,044	2	5	0,047	0,053	0,23	0,26	0,54
72	»	15	0,84	0,046	2	5	0,049	0,055	0,22	0,25	0,55
73	Пеностекло или газостекло	400	0,84	0,11	1	2	0,12	0,14	1,76	1,94	0,02

74	То же	300	0,84	0,09	1	2	0,11	0,12	1,46	1,56	0,02
75	»	200	0,84	0,07	1	2	0,08	0,09	1,01	1,1	0,03
<b>В</b>	<i>Плиты из природных органических и неорганических материалов</i>										
76	Плиты древесно-волокнистые и древесно-стружечные (ГОСТ 4598, ГОСТ 8904, ГОСТ 10632)	1000	2,3	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
77	То же	800	2,3	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
78	»	600	2,3	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
79	»	400	2,3	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
80	Плиты древесно-волокнистые и древесно-стружечные (ГОСТ 4598, ГОСТ 8904, ГОСТ 10632)	200	2,3	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
81	Плиты фибролитовые и арболит (ГОСТ 19222) на портландцементе	500	2,3	0,095	10	15	0,15	0,19	3,86	4,50	0,11
82	То же	450	2,3	0,09	10	15	0,135	0,17	3,47	4,04	0,11
83	»	400	2,3	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
84	Плиты камышитовые	300	2,3	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
85	То же	200	2,3	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
86	Плиты торфяные теплоизоляционные	300	2,3	0,064	15	20	0,07	0,08	2,12	2,34	0,19
87	То же	200	2,3	0,052	15	20	0,06	0,064	1,6	1,71	0,49
88	Пакля	150	2,3	0,05	7	12	0,06	0,07	1,3	1,47	0,49
89	Плиты из гипса (ГОСТ 6428)	1350	0,84	0,35	4	6	0,50	0,56	7,04	7,76	0,098
90	То же	1100	0,84	0,23	4	6	0,35	0,41	5,32	5,99	0,11
91	Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка) (ГОСТ 6266)	1050	0,84	0,15	4	6	0,34	0,36	5,12	5,48	0,075
92	То же	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075

93	Изделия из вспученного перлита на битумном связующем (ГОСТ 16136)	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
94	То же	250	1,68	0,082	1	2	0,085	0,099	1,53	1,64	0,04
95	»	225	1,68	0,079	1	2	0,082	0,094	1,39	1,47	0,04
96	»	200	1,68	0,076	1	2	0,078	0,09	1,23	1,32	0,04
<b>Г</b>	<i>Засыпки</i>										
97	Гравий керамзитовый (ГОСТ 9757)	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
98	То же	500	0,84	0,14	2	3	0,15	0,165	2,25	2,41	0,23
99	»	450	0,84	0,13	2	3	0,14	0,155	2,06	2,22	0,235
100	»	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,145	1,87	2,02	0,24
101	»	350	0,84	0,115	2	3	0,125	0,14	1,72	1,86	0,245
102	»	300	0,84	0,108	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
103	Гравий керамзитовый (ГОСТ 9757)	250	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,26
104	Гравий шунгизитовый (ГОСТ 9757)	700	0,84	0,16	2	4	0,18	0,21	2,91	3,29	0,21
105	То же	600	0,84	0,13	2	4	0,16	0,19	2,54	2,89	0,22
106	»	500	0,84	0,12	2	4	0,15	0,175	2,25	2,54	0,22
107	»	450	0,84	0,11	2	4	0,14	0,16	2,06	2,30	0,22
108	»	400	0,84	0,11	2	4	0,13	0,15	1,87	2,10	0,23
109	Щебень из доменного шлака (ГОСТ 5578)	1000	0,84	0,21	2	3	0,24	0,31	4,02	4,67	0,21
110	Щебень шлакопемзовый и аглопоритовый (ГОСТ 9757)	900	0,84	0,19	2	3	0,23	0,3	3,73	4,36	0,21
111	То же	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,21
112	»	700	0,84	0,16	2	3	0,19	0,23	2,99	3,37	0,22
113	»	600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,7	2,98	0,23
114	»	500	0,84	0,14	2	3	0,16	0,19	2,32	2,59	0,23
115	»	450	0,84	0,13	2	3	0,15	0,17	2,13	2,32	0,24

116	»	400	0,84	0,122	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,24
117	Щебень и песок из перилита вспученного (ГОСТ 10832)	500	0,84	0,09	1	2	0,1	0,11	1,79	1,92	0,26
118	То же	400	0,84	0,076		2	0,087	0,095	1,5	1,6	0,3
119	»	350	0,84	0,07		2	0,081	0,085	1,35	1,42	0,3
120	»	300	0,84	0,064		2	0,076	0,08	0,99	1,04	0,34
121	Вермикулит вспученный (ГОСТ 12865)	200	0,84	0,065		3	0,08	0,095	1,01	1,16	0,23
122	То же	150	0,84	0,060		3	0,074	0,098	0,84	1,02	0,26
123	»	100	0,84	0,055		3	0,067	0,08	0,66	0,75	0,3
124	Песок для строительных работ (ГОСТ 8736)	1600	0,84	0,35		2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
<b>Д</b>	<i>Строительные растворы (ГОСТ 28013)</i>										
125	Цементно-шлаковый	1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11
126	То же	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
127	Цементно-перлитовый	1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,3	4,64	5,42	0,15
128	То же	800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
129	Гипсоперлитовый	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
130	Поризованный гипсоперлитовый	500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
131	То же	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
<b>П</b>	<b>Конструкционно-теплоизоляционные материалы</b>										
<b>А</b>	<i>Бетоны на природных пористых заполнителях (ГОСТ 25820, ГОСТ 22263)</i>										
132	Туфобетон	1800	0,84	0,64	7	10	0,87	0,99	11,38	12,79	0,09
133	»	1600	0,84	0,52	7	10	0,7	0,81	9,62	10,91	0,11
134	»	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,11
135	»	1200	0,84	0,29	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,12
136	Пемзобетон	1600	0,84	0,52	4	6	0,62	0,68	8,54	9,3	0,075
137	»	1400	0,84	0,42	4	6	0,49	0,54	7,1	7,76	0,083
138	»	1200	0,84	0,34	4	6	0,4	0,43	5,94	6,41	0,098
139	»	1000	0,84	0,26	4	6	0,3	0,34	4,69	5,2	0,11
140	»	800	0,84	0,19	4	6	0,22	0,26	3,6	4,07	0,12

141	Бетон на вулканическом шлаке	1600	0,84	0,52	7	10	0,64	0,7	9,2	10,14	0,075
142	То же	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,083
143	»	1200	0,84	0,33	7	10	0,41	0,47	6,38^	7,2	0,09
144	»	1000	0,84	0,24	7	10	0,29	0,35	4,9	5,67	0,098
145	»	800	0,84	0,20	7	10	0,23	0,29	3,9	4,61	0,11
<b>Б</b>	<i>Бетоны на искусственных пористых заполнителях (ГОСТ 25820, ГОСТ 9757)</i>										
146	Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
147	То же	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
148	»	1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
149	»	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
150	»	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
151	Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
152	То же	600	0,84	0,16	5	10	0,2	0,26	3,03	3,78	0,26
153	»	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,3
154	Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
155	То же	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
156	»	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
157	Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
158	То же	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
159	Шунгзитобетон	1400	0,84	0,49	4	7	0,56	0,64	7,59	8,6	0,098
160	»	1200	0,84	0,36	4	7	0,44	0,5	6,23	7,04	0,11
161	»	1000	0,84	0,27	4	7	0,33	0,38	4,92	5,6	0,14
162	Перлитобетон	1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
163	»	1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
164	»	800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
165	»	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3

166	Шлакопемзобетон (термозитобетон)	1800	0,84	0,52	5	8	0,63	0,76	9,32	10,83	0,075
167	То же	1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
168	»	1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
169	»	1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
170	»	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
171	Шлакопемзопено- и шлакопемзогазобетон	1600	0,84	0,47	8	11	0,63	0,7	9,29	10,31	0,09
172	То же	1400	0,84	0,35	8	11	0,52	0,58	7,9	8,78	0,098
173	»	1200	0,84	0,29	8	11	0,41	0,47	6,49	7,31	0,11
174	»	1000	0,84	0,23	8	11	0,35	0,41	5,48	6,24	0,11
175	»	800	0,84	0,17	8	11	0,29	0,35	4,46	5,15	0,13
176	Бетон на доменных гранулированных шлаках	1800	0,84	0,58	5	8	0,7	0,81	9,82	11,18	0,083
177	Бетон на доменных гранулированных шлаках	1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
178	То же	1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
179	»	1200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
180	Аглопоритобетон и бетоны на топливных (котельных) шлаках	1800	0,84	0,7	5	8	0,85	0,93	10,82	11,98	0,075
181	То же	1600	0,84	0,58	5	8	0,72	0,78	9,39	10,34	0,083
182	»	1400	0,84	0,47	5	8	0,59	0,65	7,92	8,83	0,09
183	»	1200	0,84	0,35	5	8	0,48	0,54	6,64	7,45	0,11
184	»	1000	0,84	0,29	5	8	0,38	0,44	5,39	6,14	0,14
185	Бетон на зольном гравии	1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
186	То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
187	»	1000	0,84	0,24	5	8	0,3	0,35	4,79	5,48	0,12
188	Вермикулитобетон	800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	—
189	»	600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
190	»	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
191	»	300	0,84	0,08	8	13	0,09	0,11	1,52	1,83	0,23