

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Набережночелнинский институт (филиал)
федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ
СТРОЯЩИХСЯ ИЛИ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ
ЗДАНИЙ**

Учебное пособие

**Набережные Челны
2017**

УДК 697.1(075.8)
ББК 38.113.6(я)73
П79

*Печатается в соответствии
с решением учебно-методической комиссии отделения
информационных технологий и энергетических систем
НЧИ К(П)ФУ*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент **Н.С. Галимов**;
главный технолог **Р.Т. Галиакбаров**

Самигуллин А.Д.

П79 Проектирование тепловой защиты строящихся или реконструируемых зданий: учебное пособие / А.Д. Самигуллин, И.Х. Исрафилов, А.Т. Галиакбаров, А.Р. Самигуллина. – Набережные Челны: Изд.-полигр. центр Набережночелнинского института К(П)ФУ, 2017. – 116 с.

В издании изложены способы проектирования тепловой защиты строящихся или реконструируемых жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий общей площадью более 50 м², в которых необходимо поддерживать определенный температурно-влажностный режим. Предназначено для курсового проектирования и решения задач в практических занятиях по дисциплине «Энергосберегающая техника и технология», «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях» и «Теплоснабжение и вентиляция» по направлениям 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника и 08.03.01 Строительство

© Набережночелнинский институт К(П)ФУ, 2017

Оглавление

Введение.....	4
Термины и определения.....	5
1. Общие положения	10
2. Тепловая защита зданий	12
3. Теплоустойчивость ограждающих конструкций.....	23
4. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций.....	29
5. Защита от переувлажнения ограждающих конструкций.....	33
6. Теплоусвоение поверхности полов.....	42
7. Требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий.....	46
8. Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий	51
9. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания или любой выделенной ограждающей конструкции.....	61
10. Расчет удельной теплозащитной характеристики здания	70
11. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций.....	72
12. Методика теплофизического расчета навесных фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой	75
13. Определение площади поверхности и числа отопительных приборов.....	86
Приложение А (справочное)	91
Приложение Б (справочное)	93
Приложение В (справочное).....	94
Приложение Г (справочное)	96
Литература	114

Введение

Настоящее учебное пособие распространяется на изучение проектирования тепловой защиты строящихся или реконструируемых жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий общей площадью более 50м² (далее – зданий), в которых необходимо поддерживать определенный температурно-влажностный режим.

Нормы не распространяются на тепловую защиту:

культовых зданий;

жилых и общественных зданий, отапливаемых периодически (менее трех дней в неделю) или сезонно (непрерывно менее трех месяцев в году);

временных зданий, находящихся в эксплуатации не более двух отопительных сезонов;

теплиц, парников и зданий холодильников;

зданий, строений, сооружений, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации отнесены к объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры);

строений и сооружений в составе инженерного обеспечения объекта: трансформаторные подстанции, котельные, КНС, ВНС, ЦТП и т.д.

Уровень тепловой защиты указанных зданий устанавливается соответствующими нормами, а при их отсутствии – по решению собственника (заказчика) при соблюдении санитарно-гигиенических норм.

Термины и определения

1. Тепловая защита здания

Теплозащитные свойства совокупности наружных и внутренних ограждающих конструкций здания, обеспечивающие заданный уровень расхода тепловой энергии (теплопоступлений) здания с учетом воздухообмена помещений не выше допустимых пределов, а также их воздухопроницаемость и защиту от переувлажнения при оптимальных параметрах микроклимата его помещений.

2. Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период

Количество тепловой энергии, необходимое для компенсации теплопотерь здания за отопительный период с учетом воздухообмена и дополнительных тепловыделений при нормируемых параметрах теплового и воздушного режимов помещений в нем, отнесенное к единице площади или к единице отапливаемого объема.

3. Класс энергосбережения

Характеристика энергосбережения здания, представленная интервалом значений удельного годового потребления энергии на отопление и вентиляцию, % от базового нормируемого значения.

4. Энергетический паспорт проекта здания

Документ, содержащий энергетические, теплотехнические и геометрические характеристики как существующих зданий, так и проектов зданий и их ограждающих конструкций, и устанавливающий соответствие их требованиям нормативных документов и класс энергетической эффективности.

5. Микроклимат помещения

Состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха (по ГОСТ 30494).

6. Оптимальные параметры микроклимата помещений

Сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80% людей, находящихся в помещении (по ГОСТ 30494).

- 7. Дополнительные тепловыделения в здании** Теплота, поступающая в помещения здания от людей, включенных энергопотребляющих приборов, оборудования, электродвигателей, искусственного освещения и др., а также от проникающей солнечной радиации.
- 8. Показатель компактности здания** Отношение общей площади внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций здания к заключенному в них отапливаемому объему.
- 9. Коэффициент остекленности фасада здания** Отношение площадей светопроемов к суммарной площади наружных ограждающих конструкций фасада здания, включая светопроемы.
- 10. Отапливаемый объем здания** Объем, ограниченный внутренними поверхностями наружных ограждений здания – стен, покрытий (чердачных перекрытий), перекрытий пола первого этажа или пола подвала при отапливаемом подвале.
- 11. Холодный (отопительный) период года** Период года, характеризующийся среднейточной температурой наружного воздуха, равной и ниже 10 или 8°С в зависимости от вида здания (по **ГОСТ 30494**).
- 12. Теплый период года** Период года, характеризующийся среднейточной температурой воздуха выше 8 или 10°С в зависимости от вида здания (по **ГОСТ 30494**).
- 13. Продолжительность отопительного периода** Расчетный период времени работы системы отопления здания, представляющий собой среднее статистическое число суток в году, когда средняя суточная температура наружного воздуха устойчиво равна и ниже 8 или 10°С в зависимости от вида здания.
- 14. Средняя температура наружного воздуха отопительного периода** Расчетная температура наружного воздуха, осредненная за отопительный период по средним суточным температурам наружного воздуха.
- 15. Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей кон-** Физическая величина, характеризующая усредненную по площади плотность потока теплоты через фрагмент теплозащитной оболочки здания в стационарных условиях теплопередачи, численно

струкции R_0^{np} ,
 $m^2 \cdot C / Bt$

16. Условное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_0^{ysl} ,
 $m^2 \cdot C / Bt$

17. Коэффициент теплотехнической однородности g

18. Теплотехнически неоднородный фрагмент ограждающей конструкции (теплотехническая неоднородность)

19. Удельные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность ψ , $Bt / (m \cdot C)$

20. Удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность χ , Bt / C

21. Удельная теплозащитная характеристика здания $k_{об}$,
 $Bt / (m^3 \cdot C)$

22. Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $Bt / (m^3 \cdot C)$

равная отношению разности температур по разные стороны фрагмента к усредненной по площади плотности потока теплоты через фрагмент.

Физическая величина, численно равная приведенному сопротивлению теплопередаче условной ограждающей конструкции, в которой отсутствуют теплотехнические неоднородности.

Безразмерный показатель, численно равный отношению потока теплоты через фрагмент ограждающей конструкции к потоку теплоты через условную ограждающую конструкцию с той же площадью поверхности, что и фрагмент.

Фрагмент ограждающей конструкции, в котором линии равной температуры располагаются параллельно друг другу.

Удельные потери теплоты, отнесенные к единице длины линейной теплотехнической неоднородности.

Удельные потери теплоты, приходящиеся на одну точечную теплотехническую неоднородность.

Характеристика теплозащитной оболочки здания. Физическая величина, численно равная потерям тепловой энергии единицы отапливаемого объема в единицу времени при перепаде температуры в $1 \cdot C$ через теплозащитную оболочку здания

Физическая величина, численно равная потерям тепловой энергии единицы отапливаемого объема здания в единицу времени, отнесенная к перепаду температуры, с учетом воздухообмена и дополнительных тепловыделений.

- 23. Теплозащитная оболочка здания** Совокупность ограждающих конструкций, образующих замкнутый контур, ограничивающий отапливаемый объем здания.
- 24. Точка росы** Температура, при которой начинается образование конденсата в воздухе с определенной температурой и относительной влажностью.
- 25. Энергетическая эффективность** Характеристика, отражающая отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.
- 26. Энергосбережение** Реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).
- 27. Влажностное состояние ограждающей конструкции** Состояние ограждающей конструкции, характеризующееся влажностью материалов, из которых она состоит.
- 28. Влажностный режим помещения** Изменение во времени влажности воздуха помещения.
- 29. Защита от переувлажнения ограждающей конструкции** Мероприятия, обеспечивающие влажностное состояние ограждающей конструкции, при котором влажность материалов, ее составляющих, не превышает нормируемых значений.
- 30. Зона влажности района строительства** Характеристика района территории страны, в котором осуществляется строительство.
- 31. Воздухопроницаемость ограждающей конструкции** Физическое явление, заключающееся в фильтрации воздуха в ограждающей конструкции вызванное перепадом давления воздуха. Физическая величина, численно равная массе воздуха усредненной по площади поверхности ограждающей конструкции, прошедшего через единицу площади

- поверхности ограждающей конструкции при наличии перепада давления воздуха.
- 32. Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период** Суммарное количество тепловой энергии, потребленной объектом на отопление и вентиляцию объекта в течение отопительного периода.
- 33. Температурный перепад** Разность двух значений температуры.
- 34. Теплоотдача внутренней поверхности ограждающей конструкции** Физический процесс, заключающийся в теплообмене внутренней поверхности ограждающей конструкции с окружающей средой.
- 35. Теплоусвоение поверхности пола** Свойство поверхности пола поглощать теплоту в контакте с какими-либо предметами.
- 36. Теплоустойчивость ограждающей конструкции** Свойство ограждающей конструкции сохранять относительное постоянство температуры при периодическом изменении тепловых воздействий со стороны наружной и внутренней сред помещения.
- 37. Условия эксплуатации ограждающих конструкций** Характеристика совокупности параметров воздействия внешней и внутренней среды, оказывающих существенное влияние на влажность материалов наружной ограждающей конструкции.
- 38. Фрагмент теплозащитной оболочки здания** Совокупность наружных ограждающих конструкций, соединенная между собой и образующая часть теплозащитной оболочки здания.

1. Общие положения

1.1. Проектирование зданий и сооружений должно осуществляться с учетом требований к ограждающим конструкциям, приведенных в настоящих нормах, в целях обеспечения:

- заданных параметров микроклимата, необходимых для жизнедеятельности людей и работы технологического или бытового оборудования;
- тепловой защиты;
- защиты от переувлажнения ограждающих конструкций;
- эффективности расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию;
- необходимой надежности и долговечности конструкций.

Долговечность ограждающих конструкций следует обеспечивать применением материалов, имеющих надлежащую стойкость (морозостойкость, влагостойкость, биостойкость, коррозионную стойкость, стойкость к температурным воздействиям, в том числе циклическим, к другим разрушительным воздействиям окружающей среды), предусматривая в случае необходимости специальную защиту элементов конструкций.

1.2. В нормах устанавливают требования к:

- приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций здания;
- удельной теплозащитной характеристике здания;
- ограничению минимальной температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций в холодный период года, за исключением светопрозрачных конструкций с вертикальным остеклением (с углом наклона заполнения к горизонту 45° и более);

- теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года;
- воздухопроницаемости ограждающих конструкций;
- влажностному состоянию ограждающих конструкций;
- теплоусвоению поверхности полов;
- расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий.

1.3. Влажностный режим помещений зданий в холодный период года в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха следует устанавливать по **таблице 1.1.**

Таблица 1.1

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

1.4. Условия эксплуатации ограждающих конструкций А или Б в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства, необходимые для выбора теплотехнических показателей материалов наружных ограждений, следует устанавливать по **таблице 1.2.** Зоны влажности территории России можно определить на сайте <http://map.teploov.ru> или же по СП 131.13330.2012.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений зданий (по таблице 1)	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности (по http://map.teploov.ru)		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

2. Тепловая защита зданий

2.1. Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

а) приведенные сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должны быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);

б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);

в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении требований а), б) и в).

Поэлементные требования

2.2. Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $R_0^{\text{норм}}$ м² · °С/Вт, следует определять по формуле:

$$R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{тп}} \cdot m_p, \quad (2.1)$$

где $R_0^{\text{ТР}}$ – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, ГСОП, $\text{°C} \cdot \text{сут}/\text{год}$, региона строительства и определять по таблице 3; m_p – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете по формуле (2.1) принимается равным 1. Допускается снижение значения коэффициента m_p – в случае если при выполнении расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по методике **главы 8** выполняются требования п. 7.1 к данной удельной характеристике. Значения коэффициента m_p – при этом должны быть не менее: $m_p = 0,63$ – для стен, $m_p = 0,95$ – для светопрозрачных конструкций, $m_p = 0,8$ – для остальных ограждающих конструкций.

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) $\text{°C} \cdot \text{сут}/\text{год}$, определяют по формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}}, \quad (2.2)$$

где $t_{\text{от}}$, $z_{\text{от}}$ – средняя температура наружного воздуха, °C , и продолжительность, $\text{сут}/\text{год}$, отопительного периода, принимаемые по СП для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°C , а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых не более 10°C ; $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °C , принимаемая при расчете ограждающих конструкций групп зданий, указанных в таблице 2.1: по поз. 1 – по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494 (в интервале $20\text{--}22\text{°C}$); по поз. 2 – согласно классификации помещений и ми-

нимальных значений оптимальной температуры по ГОСТ 30494 (в интервале 16-21°C); по поз. 3 - по нормам проектирования соответствующих зданий.

Таблица 2.1

Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты а и б	Граду-со-сутки отопительного периода ГСОП, °С · сут /год	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче R_0^{TP} , м ² · °С/Вт, ограждающих конструкций				
		Стен	Покры-тий и пере-крытий над проез-дами	Перекрытий чердачных, над неотап-ливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балко-ных две-рей, вит-рин и витражей	Фо-на-рей
1	2	3	4	5	6	7
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учрежд., 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
а	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
	-	0,00 035	0,0005	0,00045	-	0,00 0025
	б	-	1,4	2,2	1,9	-

Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче R_0^{TP} , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, ограждающих конструкций						
1	2	3	4	5	6	7
2. Обще- ственные, кроме ука- занных вы- ше, админи- стративные и бытовые, производ- ственные и другие зда- ния и поме- щения с влажным или мокрым режимами	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	0,00 0025
b	-	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
3 Производ- ственные 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	0,00 0025
b	-	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15

Примечания

1. Значения R_0^{TP} , для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле:

$$R_0^{TP} = a \cdot \text{ГСОП} + b,$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, $^\circ C \cdot \text{сут}/\text{год}$, для конкретного пункта; a, b – коэффициенты, значения которых следует

принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий, за исключением **графы 6**, для группы зданий в поз. 1, где для интервала до 6000 °С · сут/год: $a = 0,000075$, $b = 0,15$; для интервала 6000-8000 °С · сут/год: $a = 0,00005$, $b = 0,3$; для интервала 8000 °С · сут/год и более: $a = 0,000025$; $b = 0,5$.

2. Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше нормируемого значения приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций.

3. *Для зданий с избытками явной теплоты более 23 Вт/м³, нормируемые значения приведенного сопротивления теплопередаче, должны определяться для каждого конкретного здания.

В случаях, когда средняя наружная или внутренняя температура для отдельных помещений отличается от принятых в расчете ГСОП, базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций, определенные по таблице 2.1 умножаются на коэффициент n_t , который рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{t_{\text{в}}^* - t_{\text{от}}^*}{t_{\text{в}} - t_{\text{от}}}, \quad (2.3)$$

где $t_{\text{в}}^*$, $t_{\text{от}}^*$ – средняя температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, °С; $t_{\text{в}}$, $t_{\text{от}}$ – то же, что в формуле (2.2).

В случаях реконструкции зданий, для которых по архитектурным или историческим причинам невозможно утепление стен снаружи, нормируемое значение сопротивления теплопередаче стен допускается определять по формуле:

$$R_0^{\text{норм}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{(\Delta t^{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}})}, \quad (2.4)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м² · °С), принимаемый по таблице 2.2;

Δt^H – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха по табл. 2.3 t_b и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции $t_{в}$, °С, принимаемый по таблице 5; t_b – то же, что в формуле (2.2); t_H – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СП 131.13330.2012.

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей и ворот $R_o^{норм}$ должно быть не менее $0,6 R_o^{норм}$ стен зданий, определяемого по формуле (2.4).

Если температура воздуха двух соседних помещений отличается больше чем на 8°C , то минимально допустимое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, разделяющих эти помещения (кроме светопрозрачных), следует определять по формуле (2.4) принимая за величину t_H расчетную температуру воздуха в более холодном помещении.

Расчетную температуру воздуха в теплом чердаке, техническом подполье, остекленной лоджии или балконе при проектировании допускается принимать на основе расчета теплового баланса.

2.3. Для помещений зданий с влажным или мокрым режимом, а также для производственных зданий со значительными избытками теплоты и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 50% нормируемое значение сопротивления теплопередаче определяется по формуле (2.4).

2.4. Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания (или любой выделенной ограждающей конструкции) – $R_o^{пп}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, рассчитывается в соответствии с **главой 9**, с использованием результатов расчетов температурных полей.

При расчете приведенного сопротивления теплопереда-

че, коэффициенты теплоотдачи внутренних поверхностей ограждающих конструкций следует принимать в соответствии с таблицей 2.2, а коэффициенты теплоотдачи наружных поверхностей – в соответствии с таблицей 2.4.

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен следует рассчитывать для всех фасадов с учетом откосов проемов, без учета их заполнений.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, контактирующих с грунтом, следует определять по методике 9.7 главы 9.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций с вентилируемыми воздушными прослойками следует рассчитывать в соответствии с главой 11.

Таблица 2.2

Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи α_v , Вт/(м ² · °С)
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 $h/a \leq 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9
Примечание: коэффициент теплоотдачи α_v внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии с СП 106.13330.2012	

Таблица 2.3

**Нормируемый температурный перепад между температурой
внутреннего воздуха и температурой внутренней
поверхности ограждающей конструкции**

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt^H , °С, для			
	Наружных стен	Покрытий и чердачных перекрытий	Перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	Зенитных фонарей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_B - t_P$
2. Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_B - t_P$
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	$t_B - t_P$, но не более 7	$0,8(t_B - t_P)$, но не более 6	2,5	$t_B - t_P$
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_B - t_P$	$0,8(t_B - t_P)$	2,5	не нормируется
5. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м ³) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 50%	12	12	2,5	$t_B - t_P$

Обозначения: t_B – то же, что в формуле (2.2);

t_p – температура точки росы, °С, при расчетной температуре $t_{в}$ и относительной влажности внутреннего воздуха, принимаемым согласно **СанПиН 2.1.2.2645**, **ГОСТ 12.1.005** и **СанПиН 2.2.4.548**, СП 60.13330 и нормам проектирования соответствующих зданий.

Примечание: для зданий картофеле- и овощехранилищ нормируемый температурный перепад Δt^H для наружных стен, покрытий и чердачных перекрытий следует принимать по СП 109.13330.

Приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных конструкций (окон, витражей балконных дверей, фонарей) принимается по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных оно оценивается по методике **главы 11**.

Таблица 2.4

Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, α_n , Вт/(м ² · °С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в северной строительно-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в северной строительно-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами и техническими, подпольями, не вентилируемыми наружным воздухом	6

Комплексное требование

2.5. Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания, $k_{об}^{тр}$, Вт/(м² · °С), следует принимать в зависимости от отапливаемого объема здания и градусо-суток отопительного периода района строительства по таблице 2.5 с учетом примечаний.

Таблица 2.5

Нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики здания

Отапливаемый объем здания, $V_{от}$, м ³	Значения $k_{об}^{тр}$, Вт/(м ² · °С), при значениях ГСОП, °С · сут/год				
	1000	3000	5000	8000	12000
150	1,206	0,892	0,708	0,541	0,321
300	0,957	0,708	0,562	0,429	0,326
600	0,759	0,562	0,446	0,341	0,259
1200	0,606	0,449	0,356	0,272	0,207
2500	0,486	0,360	0,286	0,218	0,166
6000	0,391	0,289	0,229	0,175	0,133
15 000	0,327	0,242	0,192	0,146	0,111
50 000	0,277	0,205	0,162	0,124	0,094
200 000	0,269	0,182	0,145	0,111	0,084

Примечания

1. Для промежуточных значений величин объема зданий и ГСОП, а также для зданий с отапливаемым объемом более 200 000 м³ значение $k_{об}^{тр}$ рассчитываются по формулам:

$$k_{об}^{тр} = \begin{cases} \frac{4,74}{0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{V_{от}}} & V_{от} \leq 960 \\ \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61} & V_{от} > 960 \end{cases}, \quad (2.5)$$

$$K_{об}^{тp} = \frac{8,5}{\sqrt{ГСОП}} . \quad (2.6)$$

2. При достижении величиной $k_{об}^{тp}$, вычисленной по (2.5), значений меньших, чем определенных по формуле (2.6), следует принимать значения $k_{об}^{тp}$, определённые по формуле (2.6).

2.6. Удельная теплозащитная характеристика здания, $k_{об}$, Вт/(м³ · °С), рассчитывается по главе 10.

Санитарно-гигиеническое требование

2.7. Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции (за исключением вертикальных светопрозрачных конструкций, т.е. с углом наклона к горизонту 45° и более) в зоне теплопроводных включений, в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей должна быть не ниже точки росы внутреннего воздуха при расчетной температуре наружного воздуха – t_n , °С, принимаемой в соответствии с пояснениями к формуле (2.4).

Минимальная температура внутренней поверхности остекления вертикальных светопрозрачных конструкций, т.е. с углом наклона к горизонту 45° и более (кроме производственных зданий) должна быть не ниже 3°С, для производственных зданий – не ниже 0°С. Минимальная температура внутренней поверхности непрозрачных элементов вертикальных светопрозрачных конструкций не должна быть ниже точки росы внутреннего воздуха помещения, при расчетной температуре наружного воздуха – t_n , °С, принимаемой в соответствии с пояснениями к формуле (2.4).

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции должна определяться по результатам расчета температурных полей всех зон с теплотехнической неоднородно-

стью или по результатам испытаний в климатической камере в аккредитованной лаборатории.

Относительную влажность внутреннего воздуха для определения точки росы следует принимать:

для помещений жилых зданий, больничных учреждений, диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, общеобразовательных детских школ, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов – 55%;

для кухонь – 60%;

для ванных комнат – 65%;

для теплых подвалов и подполий с коммуникациями – 75%;

для теплых чердаков жилых зданий – 55%;

для других помещений общественных зданий (за исключением вышеуказанных) – 50%.

3. Теплоустойчивость ограждающих конструкций

3.1. В районах со среднемесячной температурой июля 21°C и выше расчетная амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций (наружных стен и перекрытий/покрытий) A_{τ} , $^{\circ}\text{C}$, зданий жилых, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов, а также производственных зданий, в которых необходимо соблюдать оптимальные параметры температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне в теплый период года или по условиям технологии поддерживать посто-

янными температуру или температуру и относительную влажность воздуха, не должна быть более нормируемой амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции A_t^{TP} , °С, определяемой по формуле:

$$A_t^{TP} = 2,5 - 0,1(t_n - 21), \quad (3.1)$$

где t_n – средняя месячная температура наружного воздуха за июль, °С, принимаемая по СП 131.13330.

3.2. Амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций $A_{тв}$, °С, следует определять по формуле:

$$A_{тв} = \frac{A_{t_n}^{расч}}{V}, \quad (3.2)$$

где $A_{t_n}^{расч}$ – расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха, °С, определяемая согласно 3.3;

v – величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха $A_{t_n}^{расч}$ в ограждающей конструкции, определяемая согласно 3.4.

3.3. Расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха $A_{t_n}^{расч}$, °С, следует определять по формуле:

$$A_{t_n}^{расч} = 0,5A_{t_n} + \frac{\rho(I_{max} - I_{cp})}{\alpha_n}, \quad (3.3)$$

где A_{t_n} – максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, °С, принимаемая согласно СП 131.13330; ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей кон-

струкции, принимаемый по приложению А; I_{max} , I_{cp} – соответственно максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), Вт/м², принимаемые согласно СП 131.13330 для наружных стен – как для вертикальных поверхностей западной ориентации и для покрытий – как для горизонтальной поверхности; α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м² · °С), определяемый по формуле (3.9).

3.4. Величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха v в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоев, следует определять по формуле:

$$v = 0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(s_1 + \alpha_B)(s_2 + \gamma_1) \dots (s_n + \gamma_{n-1})(\alpha_n + \gamma_n)}{(s_1 + \gamma_1)(s_2 + \gamma_2) \dots (s_n + \gamma_n)\alpha_n}, \quad (3.4)$$

где $e = 2,718$ – основание натуральных логарифмов; D – тепловая инерция ограждающей конструкции, определяемая согласно 3.5; s_1, s_2, \dots, s_n – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м² · °С); $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_{n-1}, \gamma_n$ – коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м² · °С), определяемые согласно 3.5;

α_B – то же, что в формуле (2.4);

α_n – то же, что в формуле (3.3).

Порядок нумерации слоев в формуле (3.4) принят в направлении от внутренней поверхности к наружной.

Для многослойной неоднородной ограждающей конструкции с теплопроводными включениями величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воз-

духа ν в ограждающей конструкции следует определять в соответствии с ГОСТ 26253.

3.5. Тепловую инерцию D ограждающей конструкции следует определять, как сумму значений тепловой инерции D_i всех слоев многослойной конструкции, определяемых по формуле:

$$D_i = R_i S_i, \quad (3.5)$$

где R_i – термическое сопротивление отдельного i -го слоя ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяемое по формуле:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (3.6)$$

где δ_i – толщина i -го слоя конструкции, м ; λ_i – расчетный коэффициент теплопроводности материала i -го слоя конструкции, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$.

Примечания

1. Расчетный коэффициент теплоусвоения воздушных прослоек принимается равным нулю.

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

3. При суммарной тепловой инерции ограждающей конструкции $D \geq 4$, расчет на теплоустойчивость не требуется.

3.6. Для определения коэффициентов теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции следует предварительно вычислить тепловую инерцию D каждого слоя по формуле (3.5).

Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности

слоя Y , Вт/(м² · °С), с тепловой инерцией $D \geq 1$ следует принимать равным расчетному коэффициенту теплоусвоения s материала этого слоя конструкции.

Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя Y с тепловой инерцией $D < 1$ следует определять расчетом, начиная с первого слоя (считая от внутренней поверхности ограждающей конструкции) следующим образом:

а) для первого слоя – по формуле:

$$Y_1 = \frac{R_1 s_1^2 + \alpha_B}{1 + R_1 \alpha_B}, \quad (3.7)$$

б) для i -го слоя – по формуле:

$$Y_i = \frac{R_i s_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}}, \quad (3.8)$$

где R_1, R_i – термические сопротивления соответственно первого и i -го слоев ограждающей конструкции, (м² · °С/Вт), определяемые по формуле (3.6); s_1, s_i – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала соответственно первого и i -го слоев, Вт/(м² · °С); α_B – то же, что в формуле (5.4); Y_1, Y_i, Y_{n-1} – коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности соответственно первого, i -го и $(i-1)$ -го слоев ограждающей конструкции, Вт/(м² · °С).

3.7. Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям α_H , Вт/(м² · °С), следует определять по формуле:

$$\alpha_H = 1,16(5 + 10\sqrt{v}), \quad (3.9)$$

где v – минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая согласно СП 131.13330, но не менее 1 м/с.

3.8. В районах со среднемесячной температурой июля 21°C и выше для окон и фонарей зданий жилых, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов, а также производственных зданий, в которых должны соблюдаться оптимальные нормы температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне или по условиям технологии должны поддерживаться постоянными температура или температура и относительная влажность воздуха, следует предусматривать солнцезащитные устройства.

Коэффициент теплопропускания солнцезащитного устройства должен быть не более нормируемой величины $\beta_{сз}^H$, установленной таблице 3.1.

Таблица 3.1

Нормируемые значения коэффициента теплопропускания солнцезащитного устройства

Здания	Коэффициент теплопропускания солнцезащитного устройства $\beta_{сз}^H$
1. Здания жилые, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов	0,2

2. Производственные здания, в которых должны соблюдаться заданные параметры микроклимата в рабочей зоне или по условиям технологии должны поддерживаться постоянными температура или температура и относительная влажность воздуха в здании	0,4
---	-----

4. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций

4.1. Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций, за исключением заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей), зданий и сооружений R_u должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию R_u^{TP} , $m^2 \cdot ч \cdot Па/кг$, определяемого по формуле:

$$R_u^{TP} = \Delta p / G_H, \quad (4.1)$$

где Δp – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па, определяемая в соответствии с 4.2; G_H – нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, $кг/(m^2 \cdot ч)$, принимаемая в соответствии с 4.3.

4.2. Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций Δp , Па, следует определять по формуле:

$$\Delta p = 0.55H(\gamma_H - \gamma_B) + 0.03\gamma_H v^2, \quad (4.2)$$

где H – высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), м; γ_H, γ_B – удельный вес соответственно наружного

и внутреннего воздуха, $\text{H}/\text{м}^3$, определяемый по формуле:

$$\gamma = 3463/(273 + t) \quad , \quad (4.3)$$

где t – температура воздуха: внутреннего (для определения $\gamma_{\text{в}}$) – принимается согласно оптимальным параметрам по ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 30494 и СанПиН 2.1.2.2645; наружного (для определения $\gamma_{\text{н}}$) – принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СП 131.13330; v – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая по таблице 1* СП 131.13330.

4.3. Нормируемую поперечную воздухопроницаемость, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, ограждающих конструкций зданий следует принимать по таблице 4.1.

Таблица 4.1

Нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций

Ограждающие конструкции	Поперечная воздухопроницаемость, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, не более
1. Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных, административных и бытовых зданий и помещений	0,5
2. Наружные стены, перекрытия и покрытия производственных зданий и помещений	1,0
3. Стыки между панелями наружных стен:	
а) жилых зданий,	0,5*
б) производственных зданий	1,0*

Ограждающие конструкции	Поперечная воздухопроницаемость, кг/(м ² · ч), не более
4. Входные двери в квартиры	1,5
5. Входные двери в жилые, общественные и бытовые здания	7,0
6. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений с деревянными переплетами; окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
7. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений с пластмассовыми или алюминиевыми переплетами	5,0
8. Окна, двери и ворота производственных зданий	8,0
9. Фонари производственных зданий	10,0
10. Окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
* В кг/(м · ч)	

4.4. Сопротивление воздухопроницанию R_u многослойной ограждающей конструкции следует рассчитывать, как сумму сопротивлений воздухопроницанию отдельных слоев по формуле:

$$R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un} \quad , \quad (4.4)$$

где R_{u1} , R_{u2} , ..., R_{un} – сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции, м² · ч · Па/кг.

4.5. Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий, а также окон и фонарей производственных зданий R_u должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию R_u^{TP} , м² · ч/кг,

определяемого по формуле:

$$R_u^{\text{TP}} = (1/G_H) \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^{2/3}, \quad (4.5)$$

где G_H – то же, что и в формуле (4.1);

Δp – то же, что и в формуле (4.2);

$\Delta p_0 = 10$ Па – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях светопрозрачных ограждающих конструкций, при которой экспериментально определяется сопротивление воздухопроницанию конструкций выбранного типа R_u .

4.6. Сопротивление воздухопроницанию выбранного типа светопрозрачной конструкции R_u , $\text{м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ определяют по формуле:

$$R_u^{\text{TP}} = (1/G_C) \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^n, \quad (4.6)$$

где G_C – воздухопроницаемость светопрозрачной конструкции, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, при $\Delta p_0 = 10$ Па, полученная в результате испытаний;

n – показатель режима фильтрации светопрозрачной конструкции, полученный в результате испытаний.

4.7. В случае выполнения условия $R_u \geq R_u^{\text{TP}}$, выбранная ограждающая конструкция удовлетворяет требованию 4.1.

В случае $R_u < R_u^{\text{TP}}$ необходимо применить ограждающую конструкцию другого типа, добиваясь выполнения требований 4.1.

4.8. Для обеспечения нормируемого воздухообмена при оборудовании помещений только вытяжной вентиляцией в наружных ограждениях (стенах, окнах) следует предусмотреть регулируемые приточные устройства.

5. Защита от переувлажнения ограждающих конструкций

5.1. Защита от переувлажнения ограждающих конструкций должна обеспечиваться путем проектирования ограждающих конструкций с сопротивлением паропрооницанию внутренних слоев не менее требуемого значения, определяемого расчетом одномерного влагопереноса (осуществляемому по механизму паропрооницаемости).

Сопротивление паропрооницанию $R_{п}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$, ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения, определяемой в соответствии с 5.5) должно быть не менее наибольшего из следующих требуемых сопротивлений паропрооницанию:

а) требуемого сопротивления паропрооницанию $R_{п1}^{\text{тр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле:

$$R_{п1}^{\text{тр}} = \frac{(e_{в} - E)R_{т.н.}}{E - e_{н}}, \quad (5.1)$$

б) требуемого сопротивления паропрооницанию $R_{п2}^{\text{тр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле:

$$R_{п2}^{\text{тр}} = \frac{0,0024z_0(e_{в} - E_0)}{\rho_w \delta_w \Delta\omega + \eta}, \quad (5.2)$$

где $e_{в}$ – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетных температуре и относительной влажности воздуха в помещении, определяемое по формуле (5.3):

$$e_B = (\varphi_B/100)E_B, \quad (5.3)$$

где E_B – парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре внутреннего воздуха помещения t_B , определяемое в соответствии с 5.6; φ_B – относительная влажность внутреннего воздуха, %, принимаемая для различных зданий в соответствии с 5.7; $R_{п.н}$ – сопротивление паропрооницанию, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$, части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью максимального увлажнения, определяемое по 5.7; e_n – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период, Па, определяемое по таблице 5а* СП 131.13330; z_0 – продолжительность периода влагонакопления, сут., принимаемая равной периоду с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха по СП 131.13330;

E_0 – парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения, Па, определяемое при средней температуре наружного воздуха периода влагонакопления z_0 согласно 5.6 и 5.8;

ρ_w – плотность материала увлажняемого слоя, $\text{кг}/\text{м}^3$;

δ_w – толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции, м, принимаемая равной $2/3$ толщины однородной (однослойной) стены или толщине слоя многослойной ограждающей конструкции, в котором располагается плоскость максимального увлажнения;

Δw – предельно допустимое приращение влажности в материале увлажняемого слоя, % по массе, за период влагонакопления z_0 , принимаемое по таблице 5.1.

В случае, когда плоскость максимального увлажнения

приходится на стык между двумя слоями, $\delta_w \Delta w$ в формуле (5.2) принимается равной сумме $\delta_{w1} \Delta w_1 + \delta_{w2} \Delta w_2$, где δ_{w1} и δ_{w2} соответствуют половинам толщин стыкующихся слоев.

Таблица 5.1

Значения предельно допустимого приращения влажности в материале Δw

Материал ограждающей конструкции	Предельно допустимое приращение влажности в материале* Δw , % по массе
1. Кладка из глиняного кирпича и керамических блоков	1,5
2. Кладка из силикатного кирпича	2,0
3. Легкие бетоны на пористых заполнителях (керамзитобетон, шунгизитобетон, перлитобетон, шлакопемзобетон)	5
4. Ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон, газосиликат и др.)	6
5. Пеногазостекло	1,5
6. Фибролит и арболит цементные	7,5
7. Минераловатные плиты и маты	3
8. Пенополистирол и пенополиуретан	25
9. Фенольно-резольный пенопласт	50
10 Теплоизоляционные засыпки из керамзита, шунгизита, шлака	3
11. Тяжелый бетон, цементно-песчаный раствор	2
* В случае, если значение сорбционной влажности материала при относительной влажности воздуха 97% меньше, чем значение влажности материала при условии эксплуатации Б, и разница между этими значениями составляет Δw_c , % по массе, то значение предельно допустимого приращения влажности в материале Δw увеличивается на величину Δw_c . Сорбционную влажность материала определяют по ГОСТ 24816.	

Е – парциальное давление насыщенного водяного пара в

плоскости максимального увлажнения за годовой период эксплуатации, Па, определяемое по формуле:

$$E = (E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3) / 12, \quad (5.4)$$

где E_1, E_2, E_3 – парциальные давления насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения, соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов, Па, определяемые согласно 5.6, по температуре в плоскости максимального увлажнения (определяется согласно 5.8), при средней температуре наружного воздуха соответствующего периода;

z_1, z_2, z_3 – продолжительность зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов года, мес., определяемая по СП 131.13330 с учетом следующих условий:

а) к зимнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха ниже минус 5°C ;

б) к весенне-осеннему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха от минус 5°C до 5°C ;

в) к летнему периоду относятся месяцы со средними температурами воздуха выше плюс 5°C ;

η – коэффициент, определяемый по формуле:

$$\eta = \frac{0,0024(E_0 - e_{н,отр})z_0}{R_{п,н}}, \quad (5.5)$$

где $e_{н,отр}$ – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, Па, определяемое по СП 131.13330.2012.

Примечание: при определении парциального давления E_3 для летнего периода температуру в плоскости максимального увлажне-

ния во всех случаях следует принимать не ниже средней температуры наружного воздуха летнего периода, парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха e_v – не ниже среднего парциального давления водяного пара наружного воздуха за этот период.

5.2. Сопротивление паропроницанию $R_{п}$, $m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$, чердачного перекрытия или части конструкции вентилируемого покрытия, расположенной между внутренней поверхностью покрытия и воздушной прослойкой, в зданиях со скатными кровлями должно быть не менее требуемого сопротивления паропроницанию $R_{п}^{TP}$, $m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$, определяемого по формуле:

$$R_{п}^{TP} = 0,0012(e_v - e_{н,отр}), \quad (5.6)$$

где e_v , $e_{н,отр}$ – то же, что и в формулах (5.1) и (5.5).

5.3. Для защиты от увлажнения теплоизоляционного слоя (утеплителя) в покрытиях зданий с влажным или мокрым режимом следует предусматривать пароизоляцию ниже теплоизоляционного слоя, которую следует учитывать при определении сопротивления паропроницанию покрытия в соответствии с 5.7.

5.4. Для защиты от переувлажнения навесных фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой необходимо дополнительно выполнить проверку на "невыпадение конденсата" в вентилируемой воздушной прослойке в соответствии с расчетом, представленным в **главе 12**.

5.5. Плоскость максимального увлажнения определяется для периода с отрицательными среднемесячными температурами следующим образом:

5.5.1. Для каждого слоя многослойной конструкции по формуле (5.7) вычисляется значение комплекса $f_i(t_{м.у.})$, характеризующего температуру в плоскости максимального увлажнения:

$$f_i(t_{м.у.}) = 5330 \cdot \frac{R_{о,п}(t_{в}-t_{н,отр})}{R_{о}^{усл}(e_{в}-e_{н,отр})} \cdot \frac{\mu_i}{\lambda_i}, \quad (5.7)$$

где $R_{о,п}$ – общее сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$, определяемое согласно 5.7;

$R_{о}^{усл}$ – условное сопротивление теплопередаче однородной многослойной ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяемое по формулам (9.6), (9.7) главы 9;

$t_{н,отр}$ – средняя температура наружного воздуха для периода с отрицательными среднемесячными температурами, °C ;

$e_{в}$ – то же, что и в формуле (5.1);

$e_{н,отр}$ – то же, что и в формуле (5.5);

λ_i, μ_i – расчетные коэффициенты теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, и паропрооницаемости, $\text{мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$, материала соответствующего слоя.

5.5.2. По полученным значениям комплекса $f_i(t_{м.у.})$ по таблице 5.2 определяются значения температур в плоскости максимального увлажнения, $t_{м.у.}$ для каждого слоя многослойной конструкции.

5.5.3. Составляется таблица, содержащая: номер слоя, $t_{м.у.}$ для этого слоя, температуры на границах слоя, полученные расчетом по 5.8 (при средней температуре наружного воздуха периода с отрицательными среднемесячными температурами).

5.5.4. Для определения слоя, в котором находится плоскость максимального увлажнения, производится сравнение полученных значений $t_{м.у.}$ с температурами на границах слоев конструкции. Если температура $t_{м.у.}$ в каком-то из слоев расположена в интервале температур на границах этого слоя, то делается вывод о наличии в данном слое плоскости максимального увлажнения и определяется координата плоскости – $x_{м.у.}$ (в

предположении линейного распределения температуры внутри слоя).

5.5.5. Если в каждом из двух соседних слоев конструкции отсутствует плоскость с температурой $t_{м.у.}$, при этом у более холодного слоя $t_{м.у.}$ выше его температуры, а у более теплого слоя $t_{м.у.}$ ниже его температуры, то плоскость максимального увлажнения находится на границе этих слоев.

Если внутри конструкции плоскость максимального увлажнения отсутствует, то она расположена на наружной поверхности конструкции.

Если при расчете обнаружилось две плоскости с $t_{м.у.}$ в конструкции, то за плоскость максимального увлажнения принимается плоскость расположенная в слое утеплителя.

Таблица 5.2

Зависимость комплекса $f(t_{м.у.})$ от температуры в плоскости максимального увлажнения

$t_{м.у.}$, °C	$f(t_{м.у.})$, (°C) ² /Па	$t_{м.у.}$, °C	$f(t_{м.у.})$, (°C) ² /Па	$t_{м.у.}$, °C	$f(t_{м.у.})$, (°C) ² / Па	$t_{м.у.}$, °C	$f(t_{м.у.})$, (°C) ² /Па
-25	712,5	-14	312,3	-3	146,9	8	73,51
-24	658,9	-13	290,8	-2	137,6	9	69,22
-23	609,8	-12	270,9	-1	128,9	10	65,22
-22	564,7	-11	252,5	0	120,9	11	61,47
-21	523,2	-10	235,5	1	113,4	12	57,96
-20	485,2	-9	219,8	2	106,5	13	54,68
-19	450,1	-8	205,2	3	100,0	14	51,6
-18	417,9	-7	191,8	4	93,91	15	48,72
-17	388,2	-6	179,2	5	88,27	16	46,02
-16	360,8	-5	167,6	6	83,01	17	43,48
-15	335,6	-4	156,9	7	78,1	18	41,11

Для многослойных ограждающих конструкций с выраженным теплоизоляционным слоем (термическое сопротивление теплоизоляционного слоя больше $2/3 R_0^{усл}$) и наружным защитным слоем, коэффициент паропроницаемости материала которого меньше, чем у материала теплоизоляционного слоя, допускается принимать плоскость максимального увлажнения на наружной границе утеплителя при условии выполнения неравенства $\frac{\mu_{ут}}{\lambda_{ут}} > 2$, где $\lambda_{ут}$, $\mu_{ут}$ – расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/(м² · °С), и паропроницаемости, мг/(м · ч · Па), материала теплоизоляционного слоя.

5.6. Парциальное давление насыщенного водяного пара E , Па, при температуре t , °С от минус 40°С до плюс 45°С, определяется по формуле:

$$E = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273+t}\right). \quad (5.8)$$

5.7. Сопротивление паропроницанию $R_{пi}$, м² · ч · Па/мг, однослойной или отдельного слоя многослойной ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$R_{пi} = \frac{\delta_i}{u_i}, \quad (5.9)$$

где δ_i – толщина слоя ограждающей конструкции, м;

u_i – расчетный коэффициент паропроницаемости материала слоя ограждающей конструкции, мг/(м · ч · Па).

Сопротивление паропроницанию $R_{п,0}$, м² · ч · Па/мг, многослойной ограждающей конструкции (или ее части) равно сумме сопротивлений паропроницанию составляющих ее слоев:

$$R_{п,о} = \sum R_{пi}. \quad (5.9^*)$$

Сопrotивление паропроницанию $R_{п,о}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$, листовых материалов и тонких слоев пароизоляции следует принимать по приложению Б.

Примечания

1. Сопrotивление паропроницанию замкнутых воздушных прослоек в ограждающих конструкциях следует принимать равным нулю, независимо от расположения и толщины этих прослоек.

2. Для обеспечения требуемого сопротивления паропроницанию $R_{п}^{\text{тp}}$ ограждающей конструкции следует определять сопротивление паропроницанию $R_{п}$ конструкции в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения.

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

5.8. Температуру t_x , °C, ограждающей конструкции в плоскости, отстоящей от внутренней поверхности на расстоянии x , м, следует определять по формуле:

$$t_x = t_{\text{в}} \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_0^{\text{вст}}} R_x, \quad (5.10)$$

где $t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$ – температура внутреннего и наружного воздуха, соответственно, °C;

R_x – сопротивление теплопередаче части многослойной

ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости, отстоящей от внутренней поверхности на расстоянии x , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяемое по формуле:

$$R_x = \frac{1}{\alpha_b} + \sum_{\text{до сече}}^{\text{ния } x} \frac{\delta_i}{\lambda_i}. \quad (5.11)$$

6. Теплоусвоение поверхности полов

6.1. Поверхность пола жилых и общественных зданий, вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий и отапливаемых помещений производственных зданий (на участках с постоянными рабочими местами) должна иметь расчетный показатель теплоусвоения $Y_{\text{пол}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, не более нормируемой величины $Y_{\text{пол}}^{\text{ТР}}$, установленной в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Нормируемые значения показателя $Y_{\text{пол}}^{\text{ТР}}$

Здания, помещения и отдельные участки	Показатель теплоусвоения поверхности пола $Y_{\text{пол}}^{\text{ТР}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
1. Здания жилые, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, общеобразовательных детских школ, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов), детских домов и детских приемников-распределителей	12

2. Общественные здания (кроме указанных в поз. 1); вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий; участки с постоянными рабочими местами в отапливаемых помещениях производственных зданий, где выполняются легкие физические работы (категория I)	14
3. Участки с постоянными рабочими местами в отапливаемых помещениях производственных зданий, где выполняются физические работы средней тяжести (категория II)	17
4. Участки животноводческих зданий в местах отдыха животных при бесподстилочном содержании: а) коровы и нетели за 2-3 месяца до отела, быки-производители, телята до 6 месяцев, ремонтный молодняк крупного рогатого скота, свињи-матки, хряки, поросята	11
б) коровы стельные и новотельные, молодняк свињи, свињи на откорме	13
в) крупный рогатый скот на откорме	14

6.2. Расчетная величина показателя теплоусвоения поверхности пола $Y_{\text{пол}}$, Вт/(м² · °С) определяется следующим образом:

а) если покрытие пола (первый слой конструкции пола) имеет тепловую инерцию $D_1 = R_1 s_1 \geq 0,5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола следует определять по формуле:

$$Y_{\text{пол}} = 2s_i ; \quad (6.1)$$

б) если первые n слоев конструкции пола ($n \geq 1$) имеют суммарную тепловую инерцию $D_1 + D_2 + \dots + D_n < 0,5$, но тепловая инерция $(n+1)$ слоев $D_1 + D_2 + \dots + D_n < 0,5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола $Y_{\text{пол}}$ следует определять после-

довательно расчетом показателей теплоусвоения поверхностей слоев конструкции, начиная с n-го до 1-го,

для n-го слоя – по формуле:

$$Y_n = \frac{(2R_n s_n^2 + s_{n+1})}{(0,5 + R_n s_{n+1})}; \quad (6.2)$$

для i-го слоя (i = n - 1; n - 2; ...; 1) – по формуле:

$$Y_i = \frac{(4R_i s_i^2 + Y_{i+1})}{(1 + R_i Y_{i+1})}. \quad (6.3)$$

Показатель теплоусвоения поверхности пола $Y_{\text{пол}}$ принимается равным показателю теплоусвоения поверхности первого слоя Y_1 .

В формулах (6.1)-(6.3) и неравенствах:

D_1, D_2, \dots, D_{n+1} – тепловая инерция соответственно 1-го, 2-го ..., (n+1)-го слоев конструкции пола, определяемая по формулам

$$D_1 = R_1 s_1; D_2 = R_2 s_2; \dots; D_n = R_n s_n, \quad (6.4)$$

R_1, R_2, R_n – термические сопротивления, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, соответственно 1-го, 2-го, n-го слоев конструкции пола, определяемые по формулам:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1}; R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2}; \dots; R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n}; \quad (6.5)$$

s_1, s_i, s_n, s_{n+1} – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала соответственно 1-го, 2-го ... , n-го, (n+1)-го слоев конструкции пола, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемые расчетом по ре-

результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных они оцениваются по приложению Г;

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ – толщины соответственно 1-го, 2-го ... , n-го слоев конструкции пола, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – расчетные теплопроводности материала соответственно 1-го, 2-го ... , n-го слоев конструкции пола, Вт/(м² · °С), Вт/(м · °С), принимаемые по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных они оцениваются по приложению Г.

Если расчетная величина $Y_{\text{пол}}$ показателя теплоусвоения поверхности пола окажется не более нормируемой величины $Y_{\text{пол}}^{\text{ТР}}$, установленной в таблице 12, то этот пол удовлетворяет требованиям в отношении теплоусвоения; если $Y_{\text{пол}} > Y_{\text{пол}}^{\text{ТР}}$, то следует разработать другую конструкцию пола или изменить толщины его отдельных слоев до удовлетворения требованиям $Y_{\text{пол}} \leq Y_{\text{пол}}^{\text{ТР}}$.

6.3. Не нормируется показатель теплоусвоения поверхности полов:

- а) имеющих температуру поверхности выше 23°С;
- б) в отапливаемых помещениях производственных зданий, где выполняются тяжелые физические работы (категория III);
- в) в производственных зданиях при условии укладки на участке постоянных рабочих мест деревянных щитов или теплоизолирующих ковров;
- г) помещений общественных зданий, эксплуатация которых не связана с постоянным пребыванием в них людей (залы музеев и выставок, фойе театров, кинотеатров и т.п.).

6.4. Теплотехнический расчет полов животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданий следует выполнять с учетом требований СП 106.13330.

7. Требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий

7.1. Показателем расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого или общественного здания на стадии разработки проектной документации является удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания численно равная расходу тепловой энергии на 1 м^3 отапливаемого объема здания в единицу времени при перепаде температуры в один $^{\circ}\text{C}$, $q_{\text{от}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$. Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{\text{от}}^p$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$, определяется по методике **главы 8** с учетом климатических условий района строительства, выбранных объемно-планировочных решений, ориентации здания, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, принятой системы вентиляции здания, а также применения энергосберегающих технологий. Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания должно быть меньше или равно нормируемому значению $q_{\text{от}}^{\text{тр}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$:

$$q_{\text{от}}^p \leq q_{\text{от}}^{\text{тр}}, \quad (7.1)$$

где $q_{\text{от}}^{\text{тр}}$ – нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$, определяемая для различных типов жилых и общественных зданий по таблице 7.1 или 7.2.

Таблица 7.1

Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых многоквартирных зданий, $q_{от}^{ТР}$, Вт/(м³ · °С)

Площадь здания, м ²	С числом этажей			
	1	2	3	4
50	0,579	-	-	-
100	0,517	0,558	-	-
150	0,455	0,496	0,538	-
250	0,414	0,434	0,455	0,476
400	0,372	0,372	0,393	0,414
600	0,359	0,359	0,359	0,372
1000 и более	0,336	0,336	0,336	0,336

Примечание: при промежуточных значениях отапливаемой площади здания в интервале 50-1000 м² значения $q_{от}^{ТР}$ должны определяться по линейной интерполяции

Таблица 7.2

Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, $q_{от}^{ТР}$, Вт/(м³ · °С)

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1. Жилые многоквартирные, гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290

Окончание табл. 7.2

2. Общественные, кроме перечисленных в строках 3-6	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311
3. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	0,311
4. Дошкольные учреждения, хосписы	0,521	0,521	0,521	-	-	-	-	-
5. Сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности, технопарки, склады	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	-		
6. Административного назначения (офисы)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232
Примечание: для регионов, имеющих значение ГСОП = 8000°C · сут и более, нормируемые $q_{от}^{ТР}$ следует снизить на 5%								

7.2. Для достижения нормируемого значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, средняя воздухопроницаемость квартир жилых и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) должна обеспечивать определяемый по ГОСТ 31167 воздухообмен кратностью n_{50} , $ч^{-1}$, при разности давлений наружного и внутреннего воздуха 50 Па при вентиляции:

с естественным побуждением $n_{50} \leq 4 ч^{-1}$;

с механическим побуждением $n_{50} \leq 2 ч^{-1}$.

7.3. Для оценки достигнутой в проекте здания или в эксплуатируемом здании потребности энергии на отопление и вен-

тиляцию, установлены следующие классы энергосбережения (таблица 7.3) в % отклонения расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой (базовой) величины.

Таблица 7.3

Классы энергосбережения жилых и общественных зданий

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
A++ A+ A	Очень высокий	Ниже -60 От -50 до -60 включительно От -40 до -50 включительно	Экономическое стимулирование
B+ B	Высокий	От -30 до -40 включительно От -15 до -30 включительно	Экономическое стимулирование
C+ C C-	Нормальный	От -5 до -15 включительно От +5 до -5 включительно От +15 до +5 включительно	Мероприятия не разрабатываются
При эксплуатации существующих зданий			
D	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании
E	Низкий	Более +50	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании, или снос

7.4. Проектирование зданий с классом энергосбережения "D, E" не допускается. Классы "A, B, C" устанавливаются для вновь возводимых и реконструируемых зданий на стадии разработки проектной документации. Впоследствии при эксплуатации класс энергосбережения здания должен быть уточнен в ходе энергетического обследования. С целью увеличения доли зданий с классами "A, B" субъекты Российской Федерации должны применять меры по экономическому стимулированию, как к участникам строительного процесса, так и к эксплуатирующим организациям.

7.5. Присвоение зданию класса "B" и "A" производится только при условии включения в проект следующих обязательных энергосберегающих мероприятий:

устройство индивидуальных тепловых пунктов, снижающих затраты энергии на циркуляцию в системах горячего водоснабжения и оснащенных автоматизированными системами управления и учета потребления энергоресурсов, горячей и холодной воды;

применение энергосберегающих систем освещения общественных помещений, оснащенных датчиками движения и освещенности;

применение устройств компенсации реактивной мощности двигателей лифтового хозяйства, насосного и вентиляционного оборудования.

7.6. Контроль за соответствием показателей расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания - нормируемым показателям на стадии разработки проектной документации осуществляют органы экспертизы.

7.7. Проверка соответствия вводимых в эксплуатацию зданий, строений, сооружений требованиям расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию и требованиям оснащено-

сти их приборами учета используемых энергетических ресурсов осуществляется органом государственного строительного надзора при осуществлении государственного строительного надзора. В иных случаях контроль и подтверждение соответствия вводимых в эксплуатацию зданий, строений, сооружений требованиям расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов осуществляются застройщиком.

7.8. Класс энергосбережения при вводе в эксплуатацию законченного строительством или реконструкцией здания устанавливается на основе результатов обязательного расчетно-экспериментального контроля нормируемых энергетических показателей.

7.9. Срок, в течение которого выполнение требований расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию обеспечивается застройщиком, должен составлять не менее пяти лет с момента ввода их в эксплуатацию. Для многоквартирных домов высокого и очень высокого класса энергосбережения (по классу "В и А") выполнение таких требований должно быть обеспечено застройщиком в течение первых десяти лет эксплуатации. При этом во всех случаях на застройщике лежит обязанность проведения обязательного расчетно-инструментального контроля нормируемых энергетических показателей дома как при вводе дома в эксплуатацию, так и последующего их подтверждения не реже чем один раз в пять лет.

8. Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий

8.1. Расчетную удельную характеристику расхода тепло-

вой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{от}^p$, Вт/(м³ · °С) следует определять по формуле:

$$q_{от}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \cdot v \cdot \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta_h, \quad (8.1)$$

где $k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³°С), определяется в соответствии с **главой 10**;

$k_{вент}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м³°С);

$k_{быт}$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м³°С);

$k_{рад}$ – удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м³°С);

ξ – коэффициент, учитывающий снижение тепlopотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения $\xi = 0,1$;

β_h – коэффициент, учитывающий дополнительное тепlopотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными тепlopотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, тепlopотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения для:

многосекционных и других протяженных зданий $\beta_h = 1,13$;

зданий башенного типа $\beta_h = 1,11$;

зданий с отапливаемыми подвалами или чердаками $\beta_h = 1,07$;

зданий с отапливаемыми подвалами и чердаками, а так-

же с квартирными генераторами теплоты $\beta_h = 1,05$.

ν – коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемые значения определяются по формуле:

$$\nu = 0,7 + 0,000025(\text{ГСОП} - 1000);$$

ξ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения:

$\xi = 1,0$ – в однотрубной системе с термостатами и с пофасадным авторегулированием на вводе или поквартирной горизонтальной разводкой;

$\xi = 0,95$ – в двухтрубной системе отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе;

$\xi = 0,9$ – однотрубной системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе или в однотрубной системе без термостатов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также в двухтрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

$\xi = 0,85$ – в однотрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

$\xi = 0,7$ – в системе без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха;

$\xi = 0,5$ – в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе – регулирование центральное в ЦТП или котельной;

8.2. Удельную вентиляционную характеристику здания, $k_{\text{вент}}$, Вт/(м³°С), следует определять по формуле:

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \cdot c \cdot n_{\text{в}} \cdot \beta_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}}^{\text{вент}} (1 - k_{\text{эф}}), \quad (8.2)$$

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

β_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать $\beta_v = 0,85$;

$\rho_B^{\text{вент}}$ – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, $\text{кг}/\text{м}^3$

$$\rho_B^{\text{вент}} = \frac{353}{[273+t_{\text{от}}]}, \quad (8.3)$$

где $t_{\text{от}}$ – то же, что и в формуле (5.2), $^\circ\text{C}$;

n_B – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч^{-1} , определяемая по 8.3;

$k_{\text{эф}}$ – коэффициент эффективности рекуператора;

Коэффициент эффективности рекуператора, $k_{\text{эф}}$, отличен от нуля в том случае, если:

средняя воздухопроницаемость квартир жилых и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) обеспечивает в период испытаний воздухообмен кратностью n_{50} , ч^{-1} , при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха при вентиляции – с механическим побуждением $n_{50} \leq 2\text{ ч}^{-1}$;

кратность воздухообмена зданий и помещений при разности давлений 50 Па и их среднюю воздухопроницаемость определяют по ГОСТ 31167.

8.3. Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период n_B , ч^{-1} , рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле:

$$n_B = \left[\frac{(L_{\text{вент}} n_{\text{вент}})}{168} + (G_{\text{инф}} \cdot n_{\text{инф}}) / (168 \rho_B^{\text{вент}}) \right] / (\beta_v V_{\text{от}}), \quad (8.4)$$

где $L_{\text{вент}}$ – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, $\text{м}^3/\text{ч}$, равно для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м^2 общей площади на человека $3 A_{\text{ж}}$;

б) других жилых зданий – $0,35 \cdot h_{\text{эт}} \cdot (A_{\text{ж}})$, но не менее 30 м^3 ; где m – расчетное число жителей в здании;

в) для общественных и административных зданий принимают условно (офисов, складов и супермаркетов) – $4A_{\text{р}}$; для магазинов шаговой доступности, учреждений здравоохранения, комбинатов бытового обслуживания, спортивных арен, музеев и выставок – $5A_{\text{р}}$; для детских дошкольных учреждений, школ, среднетехнических и высших учебных заведений – $7A_{\text{р}}$; для физкультурно-оздоровительных и культурно-досуговых комплексов, ресторанов, кафе, вокзалов – $10A_{\text{р}}$;

$A_{\text{ж}}$; $A_{\text{р}}$ – для жилых зданий – площадь жилых помещений ($A_{\text{ж}}$), к которым относятся спальни, детские, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые; для общественных и административных зданий расчетная площадь ($A_{\text{р}}$), определяемая согласно СП 117.13330 как сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, переходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов, а также помещений, предназначенных для размещения инженерного оборудования и сетей, м^2 ;

$h_{\text{эт}}$ – высота этажа от пола до потолка, м ;

$n_{\text{вент}}$ – число часов работы механической вентиляции в течение недели;

168 – число часов в неделе;

$G_{\text{инф}}$ – количество инфильтрующегося воздуха в здание

через ограждающие конструкции, кг/ч: для жилых зданий – воздуха, поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода, определяемое согласно 8.4; для общественных зданий – воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей; допускается принимать для общественных зданий в нерабочее время в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным $0,1\beta_v V_{\text{общ}}$, от четырех до девяти этажей – $0,15\beta_v V_{\text{общ}}$, выше девяти этажей – $0,2\beta_v V_{\text{общ}}$, где $V_{\text{общ}}$ – отопляемый объем общественной части здания;

$G_{\text{инф}}$ – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч, определяемое согласно 8.4;

$n_{\text{инф}}$ – число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий со сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и $(168 - n_{\text{вент}})$ для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции;

$V_{\text{от}}$ – отопляемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м³;

$\rho_{\text{в}}^{\text{вент}}$ – то же, что и в формулах (8.2 и 8.3);

β_v – то же, что и в формуле (8.2).

В случаях, когда здание состоит из нескольких зон с различным воздухообменом, средние кратности воздухообмена находятся для каждой зоны в отдельности (зоны, на которые разделено здание, должны составлять весь отопляемый объем). Все полученные средние кратности воздухообмена суммируются, и суммарный коэффициент подставляется в формулу (Г2) для расчета удельной вентиляционной характеристики здания.

8.4. Количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в лестничную клетку жилого здания или в помещения общественного здания через неплотности заполнения проемов, полагая, что все они находятся на наветренной стороне, следует определять по формуле:

$$G_{\text{инф}} = (A_{\text{ок}}/R_{u, \text{ок}}^{\text{тр}}) \cdot \left(\frac{\Delta p_{\text{ок}}}{10}\right)^{2/3} + A_{\text{дв}}/R_{u, \text{дв}}^{\text{тр}} \cdot (\Delta p_{\text{дв}}/10)^{1/2}, \quad (8.5)$$

где $A_{\text{ок}}$ и $A_{\text{дв}}$ – соответственно суммарная площадь окон и балконных дверей и входных наружных дверей, м^2 ;

$R_{u, \text{ок}}^{\text{тр}}$ и $R_{u, \text{дв}}^{\text{тр}}$ – соответственно требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей и входных наружных дверей, $\text{м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$;

$\Delta p_{\text{ок}}$ и $\Delta p_{\text{дв}}$ – соответственно расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха, Па, для окон и балконных дверей и входных наружных дверей, определяют по формуле (7.2) для окон и балконных дверей с заменой в ней величины 0,55 на 0,28 и с вычислением удельного веса по формуле (7.3) при температуре воздуха равной $t_{\text{от}}$, где $t_{\text{от}}$ – то же, что и в формуле (5.2).

Для общественных зданий в нерабочее время количество инфильтрующегося воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей, допускается принимать в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным $0,1\beta_v V_{\text{общ}}$, от четырех до девяти этажей – $0,15\beta_v V_{\text{общ}}$, выше девяти этажей – $0,2\beta_v V_{\text{общ}}$, где $V_{\text{общ}}$ – отопливаемый объем общественной части здания.

Для лестнично-лифтовых узлов (ЛЛУ) жилых зданий количество инфильтрующегося воздуха, поступающего через

неплотности заполнения проемов, допускается принимать в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным $0,3\beta_v V_{ЛЛУ}$, от четырех до девяти этажей – $0,45\beta_v V_{ЛЛУ}$, выше девяти этажей – $0,6\beta_v V_{ЛЛУ}$, где $V_{ЛЛУ}$ – отопляемый объем лестнично-лифтовых холлов здания. Для ЛЛУ без поэтажных выходов на балконы количество инфильтрующегося воздуха, полученное по упрощенным формулам, следует уменьшать в 2 раза.

8.5. Удельную характеристику бытовых тепловыделений здания, $k_{\text{быт}}$, Вт/(м³°С), следует определять по формуле:

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} \cdot A_{\text{ж}}}{V_{\text{от}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})}, \quad (8.6)$$

где $q_{\text{быт}}$ – величина бытовых тепловыделений на 1 м² площади жилых помещений ($A_{\text{ж}}$) или расчетной площади общественного здания ($A_{\text{р}}$), Вт/м², принимаемая для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м² общей площади на человека $q_{\text{быт}} = 17$ Вт/м²;

б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 м² общей площади и более на человека $q_{\text{быт}} = 10$ Вт/м²;

в) других жилых зданий – в зависимости от расчетной заселенности квартир по интерполяции величины $q_{\text{быт}}$ между 17 и 10 Вт/м²;

г) для общественных и административных зданий бытовые тепловыделения учитываются по расчетному числу людей (90 Вт/чел), находящихся в здании, освещения (по установочной мощности) и оргтехники (10 Вт/м²) с учетом рабочих часов в неделю;

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{от}}$ – то же что и в формуле (5.2), °С;

$A_{\text{ж}}$ – то же, что и в 8.3.

8.6. Удельную характеристику тепlopоступлений в зда-

ние от солнечной радиации, $k_{\text{рад}}$, Вт/(м³°С), следует определять по формуле:

$$k_{\text{рад}} = \frac{11.6 \cdot Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{(V_{\text{от}} \cdot \text{ГСОП})}, \quad (8.7)$$

где $Q_{\text{рад}}^{\text{год}}$ – теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемые по формуле:

$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = \tau_{1\text{ок}} \tau_{2\text{оо}} (A_{\text{ок1}} J_1 + A_{\text{ок2}} J_2 + A_{\text{ок3}} J_3 + A_{\text{ок4}} J_4) + \tau_{1\text{ффо}} \tau_{2\text{ффо}} A_{\text{фон}} I_{\text{гор}}, \quad (8.8)$$

где $\tau_{1\text{ок}}$, $\tau_{1\text{фон}}$ – коэффициенты относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений соответственно окон и зенитных фонарей, принимаемые по паспортным данным соответствующих светопропускающих изделий; при отсутствии данных следует принимать по своду правил; мансардные окна с углом наклона заполнений к горизонту 45° и более следует считать как вертикальные окна, с углом наклона менее 45° – как зенитные фонари;

$\tau_{2\text{ок}}$, $\tau_{2\text{фон}}$ – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема соответственно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, принимаемые по проектным данным; при отсутствии данных следует принимать по своду правил;

$A_{\text{ок1}}$, $A_{\text{ок2}}$, $A_{\text{ок3}}$, $A_{\text{ок4}}$ – площадь светопроемов фасадов здания (глухая часть балконных дверей исключается), соответственно ориентированных по четырем направлениям, м²;

$A_{\text{фон}}$ – площадь светопроемов зенитных фонарей здания, м^2 ;

I_1, I_2, I_3, I_4 – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания, $\text{МДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, определяется по методике свода правил;

Примечание: для промежуточных направлений величину солнечной радиации следует определять по интерполяции;

$I_{\text{гор}}$ – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, $\text{МДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, определяется по своду правил;

$V_{\text{от}}$ – то же, что и в 8.3.

ГСОП – по 5.2.

8.7. Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период q , $\text{кВт ч}/(\text{м}^3 \text{год})$ или, $\text{кВт ч}/(\text{м}^2 \text{год})$ следует определять по формулам:

$$q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot q_{\text{от}}^{\text{p}}, \text{ кВт ч}/(\text{м}^2 \text{год}), \quad (8.9)$$

$$q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot q_{\text{от}}^{\text{p}} \cdot h, \text{ кВт ч}/(\text{м}^2 \text{год}), \quad (8.9a)$$

где $q_{\text{от}}^{\text{p}}$ – то же, что в 8.1 и 8.6;

h – средняя высота этажа здания, м, равная $V_{\text{от}}/A_{\text{от}}$;

$A_{\text{от}}$ – сумма площадей этажей здания, измеренных в пределах внутренних поверхностей наружных стен, м^2 , за исключением технических этажей и гаражей;

$V_{\text{от}}$ – то же, что в 8.3.

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию

здания за отопительный период $Q_{от}^{год}$, кВт ч/год следует определять по формуле:

$$Q_{от}^{год} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot q_{от}^D. \quad (8.10)$$

8.8. Общие теплотери здания за отопительный период $Q_{общ}^{год}$, кВт ч/год, следует определять по формуле:

$$Q_{общ}^{год} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot (k_{об} + k_{вент}), \quad (8.11)$$

где ГСОП – то же, что в (5.2);

$V_{от}$ – то же, что в 8.3;

$k_{об}$, $k_{вент}$ – то же, что в 8.1.

9. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания или любой выделенной ограждающей конструкции

Расчет основан на представлении фрагмента теплозащитной оболочки здания в виде набора независимых элементов, каждый из которых влияет на тепловые потери через фрагмент. Удельные потери теплоты, обусловленные каждым элементом, находятся на основе сравнения потока теплоты через узел, содержащий элемент, и через тот же узел, но без исследуемого элемента.

9.1. Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания $R_o^{пр}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$, следует определять по формуле:

$$R_o^{np} = \frac{1}{\frac{1}{R_o^{ysl}} + \sum l_j \psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \psi_j + \sum n_k \chi_k}, \quad (9.1)$$

где R_o^{ysl} – средненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания либо выделенной ограждающей конструкции, $m^2 \cdot ^\circ C / \text{Вт}$;

l_j – протяженность линейной неоднородности j -го вида, приходящаяся на m^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, m/m^2 ;

Ψ_j – удельные потери теплоты через линейную неоднородность j -ого вида, $\text{Вт}/(m \cdot ^\circ C)$;

n_k – количество точечных неоднородностей k -го вида, приходящихся на m^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, шт./ m^2 ;

χ_k – удельные потери теплоты через точечную неоднородность k -го вида, $\text{Вт}/^\circ C$;

a_i – площадь плоского элемента конструкции i -го вида, приходящаяся на $1 m^2$ фрагмента теплозащитной оболочки здания или выделенной ограждающей конструкции, m^2/m^2 :

$$a_i = \frac{A_i}{\sum A_i}, \quad (9.2)$$

где A_i – площадь i -й части фрагмента, m^2 ;

U_i – коэффициент теплопередачи однородной i -й части фрагмента теплозащитной оболочки здания (удельные потери теплоты через плоский элемент i -го вида), $\text{Вт}/(m^2 \cdot ^\circ C)$:

$$U_i = \frac{1}{R_{o,i}^{ysl}}. \quad (9.3)$$

9.2. Коэффициент теплотехнической однородности, r – вспомогательная величина, характеризующая эффективность утепления конструкции, определяется по формуле:

$$r = \frac{R_0^{\text{нп}}}{R_0^{\text{усл}}} . \quad (9.4)$$

Величина $R_0^{\text{усл}}$ определяется осреднением по площади значений условных сопротивлений теплопередаче всех частей фрагмента теплозащитной оболочки здания:

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{\text{усл}}}} = \frac{1}{\sum a_i U_i} , \quad (9.5)$$

где $R_{o,i}^{\text{усл}}$ – условное сопротивление теплопередаче однородной части фрагмента теплозащитной оболочки здания i -го вида, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, которое определяется либо экспериментально, либо расчетом по формуле:

$$R_{o,i}^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} , \quad (9.6)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемый согласно таблице 4; $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемый согласно таблице 6; R_s – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$, определяемое для невентилируемых воздушных прослоек по таблице 9.1, для материальных слоев по формуле:

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s}, \quad (9.7)$$

где δ_s – толщина слоя, м;

λ_s – теплопроводность материала слоя, Вт/(м · °С), принимаемая по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных она оценивается по приложению Г.

9.3. Удельные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность определяются по результатам расчета двухмерного температурного поля узла конструкций при температуре внутреннего воздуха t_B и температуре наружного воздуха t_H :

$$\Psi_j = \frac{\Delta Q_j^L}{t_B - t_H}, \quad (9.8)$$

где t_B – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

t_H – расчетная температура наружного воздуха, °С;

ΔQ_j^L – дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность j -го вида, приходящиеся на 1 п. м, Вт/м, определяемые по формуле:

$$\Delta Q_j^L = Q_j^L - Q_{j,1} - Q_{j,2}, \quad (9.9)$$

где Q_j^L – потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью j -го вида, приходящиеся на 1 п. м стыка, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт/м;

$Q_{j,1}$ $Q_{j,2}$ – потери теплоты через участки однородных частей фрагмента, вошедшие в расчетную область при расчете

температурного поля области с линейной теплотехнической неоднородностью j-го вида, Вт/м, определяемые по формулам:

$$Q_{j,1} = \frac{t_B - t_H}{R_{0,j,1} \cdot 1 \text{ м}} \cdot S_{j,1} \quad Q_{j,2} = \frac{t_B - t_H}{R_{0,j,2} \cdot 1 \text{ м}} \cdot S_{j,2}, \quad (9.10)$$

где $S_{j,1}$ $S_{j,2}$ – площади однородных частей конструкции, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля, м².

При этом величина $S_{j,1} + S_{j,2}$ равна площади расчетной области при расчете температурного поля.

Ψ_j – удельные линейные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность j-го вида, Вт/(м · °С).

9.4. Удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность k-го вида определяются по результатам расчета трехмерного температурного поля участка конструкции, содержащего точечную теплотехническую неоднородность, по формуле:

$$\chi_k = \frac{\Delta Q_k^K}{t_B - t_H}, \quad (9.11)$$

где ΔQ_k^K – дополнительные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность k-го вида, Вт, определяемые по формуле:

$$\Delta Q_k^K = Q_k - \widetilde{Q}_k, \quad (9.12)$$

где Q_k – потери теплоты через узел, содержащий точечную теплотехническую неоднородность k-го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт;

\widetilde{Q}_k – потери теплоты через тот же узел, не содержащий

точечную теплотехническую неоднородность k -го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт.

9.5. Результатом расчета температурного поля узла конструкции является распределение температур в сечении узла, в том числе по внутренней и наружной поверхностям.

Поток теплоты через внутреннюю поверхность узла определяется по формуле:

$$Q_B = \alpha_B \cdot S_B \cdot (t_B - \tau_B^{\text{cp}}). \quad (9.13)$$

Поток теплоты через наружную поверхность узла определяется по формуле:

$$Q_H = \alpha_H \cdot S_H \cdot (t_H - \tau_H^{\text{cp}}), \quad (9.14)$$

где t_B t_H – расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха соответственно, °С;

τ_B^{cp} τ_H^{cp} – осредненные по площади температуры внутренней и наружной поверхностей узла ограждающей конструкции соответственно, °С;

α_B α_H – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей узла конструкции соответственно, Вт/(м · °С);

S_B S_H – площади внутренней и наружной поверхностей узла ограждающей конструкции, м².

Таблица 9.1

Параметры воздушной прослойки

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$			
	горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикальной		горизонтальной при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	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
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2-0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

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

9.6. Описание расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции должно содержать следующие части:

1. Четкое наименование конструкции и указание места, занимаемого ею в оболочке здания.
2. Перечисление всех элементов, составляющих конструкцию.

Для каждого из перечисленных элементов представить:

3. Удельную геометрическую характеристику элемента (s , l или n).
4. Схему или чертеж, позволяющие понять состав и

устройство элемента.

5. Температурное поле узла, содержащего элемент.

6. Принятые в расчете температурного поля температуры наружного и внутреннего воздуха, а также геометрические размеры узла конструкции, включенного в расчетную область.

7. Минимальную температуру на внутренней поверхности конструкции и поток теплоты через узел, полученные в результате расчетов.

8. Удельные потери теплоты через элемент.

(Вместо пунктов 5-7 можно использовать ранее посчитанные удельные потери теплоты через элемент с указанием ссылки на официальный, общедоступный документ, содержащий их расчет).

9. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче по формуле (9.1).

10. Таблицу с геометрическими и теплозащитными характеристиками элементов, а также промежуточными данными расчетов. Форма приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2

Элемент конструкции	*	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Название элемента	плоский	$a_1 = \text{м}^2/\text{м}^2$	$U_1 = \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$U_1 a_1 = \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	
...	
Название элемента		$a_i = \text{м}^2/\text{м}^2$	$U_i = \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$U_i a_i = \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	

Название элемента	линейный	$l_1 = \text{м/м}^2$	$\psi_1 = \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$	$\psi_1 l_1 = \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$	
...	
Название элемента		$l_j = \text{м/м}^2$	$\psi_j = \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$	$\psi_j l_j = \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$	
Название элемента	точечный	$n_1 = 1/\text{м}^2$	$\chi_1 = \text{Вт}/^\circ\text{С}$	$\chi_1 n_1 = \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$	
...	
Название элемента		$n_k = 1/\text{м}^2$	$\chi_k = \text{Вт}/^\circ\text{С}$	$\chi_k n_k = \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$	
Итого				$\frac{1}{R_{\text{пр}}} = \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$	100%
Столбец * может не приводиться					

9.7. Приведенное сопротивление теплопередаче полов, $R_{\text{о,пол}}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$, определяется в следующей последовательности:

для неутепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с коэффициентом теплопроводности $\lambda \geq 1,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ по зонам шириной 2 м, параллельным наружным стенам, принимая R_n , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$, равным:

- 2,1 - для I зоны;
- 4,3 - " II ";
- 8,6 - " III ";
- 14,2 - " IV " (для оставшейся площади пола).

Для утепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с коэффициентом теплопроводности $\lambda_h < 1,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ утепляющего слоя толщиной δ , м, принимая $R_{\text{о,пол}}$ $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ по формуле:

$$R_{0,пол} = R_n + \delta/\lambda_n . \quad (9.15)$$

Для полов на лагах, принимая $R_{0,пол}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, по формуле:

$$R_{0,пол} = 1,18(R_n + \delta/\lambda_n) . \quad (9.16)$$

10. Расчет удельной теплозащитной характеристики здания

10.1. Удельная теплозащитная характеристика здания, $k_{об}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$, рассчитывается по формуле:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \sum_i \left(n_{t,i} \frac{A_{ф,i}}{R_{o,i}^{пп}} \right) = K_{комп} \cdot K_{общ} , \quad (10.1)$$

где $R_{o,i}^{пп}$ – приведенное сопротивление теплопередаче i -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

$A_{ф,i}$ – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м^2 ;

$V_{от}$ – отапливаемый объем здания, м^3 ;

$n_{t,i}$ – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП, определяется по формуле (5.3);

$K_{общ}$ – общий коэффициент теплопередачи здания, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, определяемый по формуле:

$$K_{общ} = \frac{1}{A_n^{сум}} \sum_i \left(n_{t,i} \frac{A_{ф,i}}{R_{o,i}^{пп}} \right) ; \quad (10.2)$$

$K_{комп}$ – коэффициент компактности здания, м-1, опреде-

ляемый по формуле:

$$K_{\text{комп}} = \frac{A_{\text{н}}^{\text{сум}}}{V_{\text{от}}}; \quad (10.3)$$

$A_{\text{н}}^{\text{сум}}$ – сумма площадей (по внутреннему обмеру всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания, м²).

Совокупность фрагментов теплозащитной оболочки здания, характеристики которых используются в формуле (10.1), должна полностью замыкать оболочку отапливаемой части здания.

10.2. Удельная теплозащитная характеристика может быть найдена непосредственно через характеристики элементов, составляющих все конструкции оболочки здания.

$$k_{\text{об}} = \frac{1}{V_{\text{от}}} \left[\sum \left(n_{t,i} \frac{A_{\Phi,i}}{R_{o,i}^{\text{усл}}} \right) + \sum n_{t,j} L_j \psi_j + \sum n_{t,k} N_k \chi_k \right], \quad (10.4)$$

где $R_{o,i}^{\text{усл}}$, ψ_j , χ_k принимаются по **главе 9**;

L_j – суммарная протяженность линейной неоднородности j -го вида по всей оболочке здания, м;

N_k – суммарное количество точечных неоднородностей k -го вида по всей оболочке здания, шт.

10.3. Расчет удельной теплозащитной характеристики здания оформляется в виде таблицы (табл. 10.1), которая должна содержать следующие сведения:

- 1) наименование каждого фрагмента, составляющего оболочку здания;
- 2) площадь каждого фрагмента;
- 3) приведенное сопротивление теплопередаче каждого фрагмента со ссылкой на расчет (согласно **главе 9**);

4) коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у фрагмента конструкции, от принятых в расчете ГСОП (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Наименование фрагмента	$n_{i,i}$	$A_{\phi,i}, \text{ м}^2$	$R_{o,i}^{\text{пр}}, (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$	$(n_{t,i} * A_{\phi,i}) / R_{o,i}^{\text{пр}}, \text{ Вт}/\text{м}^2$	%
Сумма	-	-	-		100

10.4. Контроль соответствия удельной теплозащитной характеристики здания требованиям 2.5 возлагается на стадии разработки проектной документации на органы экспертизы.

11. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций

Приближенный расчет приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций проводится в соответствии с методикой изложенной во главе 9. При этом, в качестве плоского элемента выступает стеклопакет в своей центральной (однородной) части, а в качестве линейных элементов принимаются узлы стыка стеклопакета с рамой, включая раму.

11.1. Сопротивление теплопередаче центральной части стеклопакета принимается по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории. В случае отсутствия данных испытаний допускается принимать значения сопротивления теплопередаче

центральной части стеклопакета по таблице К1.

11.2. Количество линейных элементов должно соответствовать числу различающихся по размерам (толщине или ширине) или составу участков рамы, окружающих стеклопакет. Например, для двухстворчатого оконного блока в наиболее простом случае можно выделить: 1 – боковую и верхнюю границу, 2 – нижнюю границу, 3 – границу между створками.

Расчет удельных потерь теплоты через линейные элементы производится в соответствии с **главой 9**. При расчете потери теплоты, как через стык, так и через раму относятся к линейному элементу. Формально принимается, что вся площадь оконного блока заполнена однородным стеклопакетом. Потери через линейные элементы служат добавками к потерям через стеклопакет.

При расчете температурных полей для нахождения удельных потерь теплоты через линейные элементы следует учитывать внутреннюю структуру профиля и дистанционную рамку в стеклопакете. Стеклопакет заменяется панелью из стекол и эквивалентного материала на месте прослоек с сохранением размеров. Коэффициент теплопроводности эквивалентного материала находится из равенства сопротивления теплопередаче стеклопакета и вводимой в расчет панели. Коэффициент теплопроводности стекла принимается равным $1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

11.3. В случае расчета светопрозрачных конструкций для конкретного здания и наличия данных о способе их монтажа, допускается в расчетах температурных полей для линейных элементов учитывать детали заделки. В частности допускается учитывать в расчетах нахлест утеплителя или внутренней отделки на раму.

В случае расчета светопрозрачных конструкций вне проекта здания (для изделия) расчет проводится для стандартного

стыка со стеной без нахлестов на конструкцию и слоем ППУ, отделяющим стену от изделия толщиной не менее 20 мм.

Таблица 11.1

**Сопротивления теплопередаче центральной части
стеклопакета (оценочные)**

Вид стеклопакета	Сопротивление теплопередаче центральной части стеклопакета, $R_{0,с.пак}$, Вт/(м · °С).		
Однокамерные стеклопакеты			
	Расстояние между стек- лами 12 мм	Расстояние между стек- лами 16 мм	Расстояние между стек- лами 20 мм
Из стекла без покрытий с за- полнением воздухом	0,34	0,35	0,35
Из стекла без покрытий с за- полнением аргоном	0,36	0,37	0,37
С одним стеклом с низкоэмис- сионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,59	0,65	0,64
С одним стеклом с низкоэмис- сионным мягким покрытием с заполнением аргоном	0,76	0,81	0,79
С одним стеклом с низкоэмис- сионным мягким покрытием с заполнением криптоном	0,86	0,84	0,82
Двухкамерные стеклопакеты			
	Расстояние между стек- лами 10 мм и 10 мм	Расстояние между стек- лами 14 мм и 14 мм	Расстояние между стек- лами 18 мм и 18 мм
Из стекла без покрытий с за- полнением воздухом	0,46	0,5	0,53

Окончание табл. 11.1

С одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,64	0,78	0,9
С одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением аргоном	0,78	0,95	1,05
С двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,82	1,06	1,27
С двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением аргоном	1,1	1,4	1,55
С двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением криптоном	1,73	1,71	1,67

Промежуточные значения расстояний между стеклами принимаются интерполяцией.

Данные в таблице приведены по расчету для средних за отопительный период температурных перепадов.

Примечания

1. Не рекомендуется заменять в стеклопакетах воздух инертными газами без использования низкоэмиссионных покрытий, так как это мероприятие практически не дает эффекта.
2. Рекомендуется комбинировать стекла с низкоэмиссионным покрытием с заполнением межстекольного пространства инертными газами, так как в этом случае достигается максимальный эффект от каждого мероприятия.

12. Методика теплофизического расчета навесных фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой

12.1. Состав и последовательность расчета

В настоящем разделе приводится методика теплотехнических расчетов, позволяющая определить параметры теплового

и влажностного режима стен с НФС.

Теплотехнический расчет состоит из:

- подбора толщины утеплителя для стены с НФС, минимально необходимой для удовлетворения нормативным требованиям по сопротивлению теплопередаче;
- расчета влажностного режима конструкции и проверки влажности материалов на удовлетворение нормативным требованиям;
- уточнения характеристик материалов с учетом их средней влажности в расчетный период;
- расчета воздухообмена в воздушной прослойке;
- проверки достаточности количества удаляемой из воздушной прослойки влаги в расчетный период;
- расчета требуемой величины сопротивления воздухопроницанию стены.

12.2. Методика расчета

1. Определяется требуемое сопротивление теплопередаче, исходя из расчетных климатических характеристик района строительства и расчетных значений температуры проектируемого здания.

2. Определяется предварительная толщина слоя теплоизоляции (12.3).

3. Из конструктивных соображений назначается толщина вентилируемой воздушной прослойки.

4. С учетом этажности здания и района строительства определяется скорость движения воздуха в воздушной прослойке (12.4).

5. Определяется влажностный режим рассматриваемой конструкции (12.5).

6. По результатам п. 5 при необходимости корректируются или добавляются слои пароизоляции и вносятся изменения

в облицовочный слой конструкции.

7. Рассчитывается парциальное давление водяного пара на выходе из воздушной прослойки (12.6).

8. По результатам п. 7 проверяется возможность выпадения конденсата в воздушной прослойке и при необходимости корректируются толщина воздушной прослойки и зазор между плитками облицовки (12.6).

9. Рассчитывается требуемая величина сопротивления воздухопроницанию стены, достаточная чтобы фильтрация воздуха не нарушала теплового и влажностного состояния стены (12.7).

10. С учетом всех корректировок конструкции рассчитывается приведенное сопротивление теплопередаче стены (12.8).

12.3. Определение минимально необходимой толщины утеплителя фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой

Далее предполагается, что теплозащитные и геометрические характеристики всех элементов стены с НФС известны. В случае отсутствия каких-либо данных их следует определять в соответствии с 9.3, 9.4.

Толщина теплоизоляционного слоя определяется по формуле:

$$\delta_y = \left(\frac{1}{\frac{1}{R_0^{\text{ТР}}} - \sum l_j \psi_j - \sum n_k \chi_k} - \frac{\delta_k}{\lambda_k} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) \lambda_y, \quad (12.1)$$

где $R_0^{\text{ТР}}$ – требуемое сопротивление теплопередаче стены, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяемое в соответствии с 2.2;

δ_y – толщина теплоизоляционного слоя, м;

λ_y – коэффициент теплопроводности утеплителя,

Вт/(м · °С);

δ_k – толщина конструкционного слоя, м;

λ_k – коэффициент теплопроводности материала конструкционного слоя, Вт/(м · °С);

ψ_j, χ_k, l_j, n_k – то же, что и в формуле (9.1).

12.4. Определение параметров воздухообмена в воздушной прослойке

Движение воздуха в вентилируемой прослойке осуществляется за счет гравитационного (теплого) и ветрового напора. В случае расположения приточных и вытяжных отверстий на разных стенах скорость движения воздуха в прослойке $V_{пр}$ может определяться по следующей формуле:

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{K(K_H - K_3)V_H^2 + 0,08h(t_{пр} - t_H)}{\sum_i \xi_i}} \quad (12.2)$$

где K_H, K_3 – аэродинамические коэффициенты на разных стенах здания, по СП 20.13330;

V_H – скорость движения наружного воздуха, м/с;

K – коэффициент учета изменения скорости потока по высоте по СП 20.13330;

h – разности высот от входа воздуха в прослойку до его выхода из нее, м;

$t_{пр}, t_H$ – средняя температура воздуха в прослойке и температура наружного воздуха, °С;

$\sum_i \xi_i$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений.

При расположении приточных и вытяжных отверстий воздушной прослойки на одной стороне здания, принимается $K_H = K_3$ и формула (12.2) упрощается:

$$V_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{0,08h(t_{\text{пр}} - t_{\text{н}})}{\sum i \xi_i}}. \quad (12.3)$$

В формулах (12.2) и (12.3) используется средняя температура воздуха в прослойке $t_{\text{пр}}$, которая, в свою очередь, зависит от скорости движения воздуха в прослойке:

$$t_{\text{пр}} = t_0 - (t_0 - t_{\text{н}}) \cdot \frac{x_0}{h} \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{h}{x_0}\right)\right], \quad (12.4)$$

где

$$t_0 = \frac{\frac{t_{\text{в}} + t_{\text{н}}}{R_{\text{в}} + R_{\text{н}}}}{\frac{1}{R_{\text{в}}} + \frac{1}{R_{\text{н}}}}, \quad (12.5)$$

предельная температура воздуха в прослойке, °С;

$$x_0 = \frac{c_{\text{в}} \cdot V_{\text{пр}} \cdot \delta_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{в}}}{\frac{1}{R_{\text{в}}} + \frac{1}{R_{\text{н}}}} - \quad (12.6)$$

– условная высота, на которой температура воздуха в прослойке отличается от предельной температуры t_0 в e раз ($e \approx 2,7$) меньше, чем отличалась при входе в прослойку, м;

$c_{\text{в}} = 1005$ Дж/(кг * °С) – удельная теплоемкость воздуха;

$\rho_{\text{в}} = 353 / (273 + t_{\text{пр}})$ кг/м³ – средняя плотность воздуха в прослойке;

$R_{\text{н}} = \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{пр}}} + R_{\text{об}}$ – термическое сопротивление стены

от воздушной прослойки до наружного воздуха, м² * °С/Вт;

$R_{\text{об}}$ – термическое сопротивление облицовочной плитки, м² * °С/Вт.

Для расчета в качестве $R_{\text{в}}$ берется либо требуемое со-

противление теплопередаче из 12.3, либо приведенное сопротивление теплопередаче стены из 12.7 (в случае если принятая в проекте толщина утеплителя более чем на 20% отличается от минимально допустимой по 12.3).

Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{пр}$ равен сумме конвективного и лучистого коэффициентов теплоотдачи $\alpha_{пр} = \alpha_{к} + 2\alpha_{л}$.

Конвективный коэффициент теплоотдачи определяется по формуле:

$$\alpha_{л} = 7,34 \cdot (V_{пр})^{0,656} + 3,78 \cdot e^{-1,91 \cdot V_{пр}} . \quad (12.7)$$

Лучистый коэффициент теплоотдачи определяется по формуле:

$$\alpha_{л} = \frac{m}{\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} - \frac{1}{c_0}} , \quad (12.8)$$

где C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м² * K⁴), равный 5,77;

C_1, C_2 – коэффициент излучения поверхностей, Вт/(м² * K⁴), в случае отсутствия данных по применяемым материалам принимаются равными 4,4 для минеральной ваты, 5,3 для неметаллической облицовки, 0,5 для облицовки полированным (со стороны прослойки) металлом;

m – температурный коэффициент, который определяется по формуле:

$$m = 0,04 \left(\frac{273+t_{пр}}{100} \right)^3 . \quad (12.9)$$

В процессе расчетов температура прослойки изменяется,

но температурный коэффициент при этом изменяется слабо. Поэтому он находится один раз в начале расчетов для температуры $t_n + 1$.

Температура и скорость движения воздуха в прослойке находятся методом итераций: по формуле (12.4) определяется средняя температура воздуха в прослойке с коэффициентом теплообмена в прослойке $\alpha_{пр}$, затем по формуле (12.2) или (12.3) определяется средняя скорость движения воздуха в прослойке при полученной температуре, пересчитывается коэффициент теплообмена в прослойке, пересчитывается R_n , по формуле (12.4) определяется средняя температура воздуха в прослойке для скорости движения воздуха в прослойке, полученной на предыдущем шаге, и т.д. На первом шаге средняя скорость движения воздуха в прослойке принимается равной 0 м/с. Шаги итерации продолжаются, пока разница между скоростями воздуха на соседних шагах не станет меньше 5%.

В результате расчета находятся температура и скорость движения воздуха в прослойке, а также коэффициент теплообмена в прослойке $\alpha_{пр}$.

12.5. Расчет влажностного режима наружных стен с НФС с вентилируемой воздушной прослойкой

Для определения таких характеристик конструкции, как долговечность и расчетная теплопроводность, рассчитывают влажностный режим конструкции в многолетнем цикле эксплуатации (нестационарный влажностный режим). В наружных граничных условиях учитывают сопротивление паропроницанию ветрозащиты и наружной облицовки, а также воздухообмен в воздушной прослойке.

Результатом расчета является распределение влажности по толщине конструкции в любой момент времени ее эксплуатации, по которому определяют эксплуатационную влажность

материалов конструкции.

По результатам расчета устанавливают соблюдение двух требований к конструкции.

Максимальная влажность утеплителя не должна превышать критической величины, которую принимают равной сумме $\omega_{\text{ср}}$ – расчетной влажности материала для условий эксплуатации Б для применяемого утеплителя и $\Delta\omega_{\text{ср}}$ – предельно допустимого приращения влажности материала по таблице 10.

Средняя влажность утеплителя и основания в месяц наибольшего увлажнения не должна превышать расчетную влажность материала для условий эксплуатации.

Если для какого-либо из слоев конструкции требования к влажностному режиму стены не выполняются, рекомендуется усиливать внутреннюю штукатурку или увеличивать воздухообмен в воздушной прослойке, или уменьшать сопротивление паропроницанию ветрозащиты.

Дополнительным результатом расчета нестационарного влажностного режима является величина потока водяного пара из конструкции в воздушную прослойку $q_{\text{в}}^n$ [мг/(ч * м²)] в наиболее холодный месяц.

12.6. Расчет влажности воздуха на выходе из вентилируемой воздушной прослойки

Давление водяного пара в воздушной прослойке определяется балансом пришедшей из конструкции в прослойку и ушедшей из прослойки наружу влаги. Расчет проводится для наиболее холодного месяца. Решение уравнения баланса описывается формулой:

$$e_{\text{пр}} = e_{1 - (e_1 - e_n) \cdot \exp\left(-\frac{h}{x_1}\right)}, \quad (12.10)$$

где $e_{\text{пр}}$ – парциальное давление водяного пара в воздушной прослойке, Па;

$$e_1 = \frac{e_n + R_{\text{ЭК}}^{\text{II}} \cdot k \cdot e_b}{k \cdot R_{\text{ЭК}}^{\text{II}} + 1} - \text{предельное парциальное давление водяного пара в прослойке, Па;}$$

ного пара в прослойке, Па;

$$x_1 = 22100 \cdot \frac{V_{\text{пр}} \cdot \delta_{\text{пр}} \cdot \gamma_b \cdot R_{\text{ЭК}}^{\text{II}}}{k \cdot R_{\text{ЭК}}^{\text{II}} + 1} - \text{условная высота, на которой}$$

парциальное давление водяного пара в прослойке отличается от предельного в e раз ($e \approx 2,7$) меньше, чем отличалось при входе в прослойку, м;

e_n – парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па;

$R_{\text{ЭК}}^{\text{II}}$ – сопротивление паропрооницанию облицовки фасада, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$;

k – коэффициент, определяемый по формуле $k = \frac{q_b^{\text{II}}}{e_b - E_n}$, $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$;

q_b^{II} – удельный поток пара из конструкции в воздушную прослойку, $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, определяется по результатам 12.5.

Величина $e_{\text{пр}}$ сравнивается с давлением насыщенного водяного пара при температуре воздуха, равной t_n , и если $e_{\text{пр}} > E_n$, то принимаются меры по улучшению влажностного режима воздушной прослойки: увеличивается ширина воздушной прослойки, уменьшается высота непрерывной воздушной прослойки (устанавливаются рассечки вентилируемой прослойки), увеличивается ширина зазора между плитками облицовки.

В случае разделения вентилируемой прослойки рассечками следует предусматривать продухи для выхода воздуха из нижней части прослойки и забора воздуха в верхнюю часть прослойки. По возможности следует препятствовать смешиванию выбрасываемого и забираемого воздуха.

12.7. Расчет требуемой величины сопротивления возду-

хопроницанию стены с НФС с вентилируемой воздушной прослойкой.

Требуемая воздухопроницаемость G^{TP} стены с облицовкой на отnose, кг/(м² * ч), определяется по формуле:

$$G^{TP} = \frac{\Gamma}{6,14 \cdot R_0^{\Pi}}, \quad (12.11)$$

где Γ – параметр, получаемый из таблицы 12.1;

R_0^{Π} – полное сопротивление паропроницанию стены, м² * ч * Па/мг.

Таблица 12.1

Значения параметра Γ , для различных значений параметров **D и **K****

D K	0,005	0,01	0,015	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12
0,02	3,96	1,61	0,62							
0,04	8,16	4	2,5	1,64	0,63					
0,06		6,17	4,05	2,92	1,66	0,92				
0,08	16,7		5,54	4,1	2,55	1,68	0,65			
0,1		10,5		5,24	3,39	2,38	1,22	0,51		
0,12	25,6		8,52		4,19	3,03	1,73	0,96	0,42	
0,14		15,1		7,54		3,67	2,22	1,39	0,81	
0,16	34,9		11,6		5,8		2,69	1,79	1,17	0,7
0,18		19,8		9,92		4,92		2,17	1,51	1,02
0,2	44,6		14,9		7,43		3,61		1,84	1,32

Параметр D определяется по формуле:

$$D = \frac{E_y - e_n}{e_b - e_n}, \quad (12.12)$$

где E_y – давление насыщенного водяного пара на границе между утеплителем и вентилируемой воздушной прослойкой, Па.

Параметр k определяется по формуле:

$$k = \frac{R_H^{\text{II}}}{R_0^{\text{II}}} , \quad (12.13)$$

где R_H^{II} – сопротивлению влагообмену на наружной границе ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$, определяемое по формуле:

$$R_H^{\text{II}} = R_{\text{вет}}^{\text{II}} + \frac{1}{\frac{1}{R_{06}^{\text{II}}} + \frac{28573}{t_{\text{II}}}} \frac{\delta_{\text{II}}}{h} V_{\text{II}} . \quad (12.14)$$

Полное сопротивление паропроницанию стены определяется как сумма сопротивлений паропроницанию всех слоев конструкции плюс сопротивления влагообмену на наружной и внутренней границах стены.

Воздухопроницаемость конструкции не должна превышать требуемую. Воздухопроницаемость конструкции определяется в соответствии с 7 для условий наиболее холодного месяца.

12.8. Для конструкции после всех корректировок уточняется приведенное сопротивление теплопередаче.

Приведенное сопротивление теплопередаче рассчитывается в соответствии с главой 9.

13. Определение площади поверхности и числа отопительных приборов

Тепловой расчёт отопительного прибора заключается в определении числа секций (элементов) разборного радиатора или типа неразборного радиатора и конвектора, внешняя нагревательная поверхность которых должна обеспечить передачу не менее требуемого теплового потока в помещение [1, 16].

Исходными данными для расчёта отопительного прибора являются потери тепла в помещении (дефицит теплоты), расчётные температуры теплоносителя: на входе и выходе из системы, температура внутреннего воздуха в помещении и температура наружного воздуха.

Тепловая мощность прибора, т.е. его расчётная теплоотдача $Q_{пр}$, Вт, определяется теплопотребностью помещения за вычетом теплоотдачи теплопроводов, проложенных в этом помещении $Q_{тр}$.

Теплоотдача отопительного прибора $Q_{пр}$, Вт, определяется по формуле:

$$Q_{пр} = q_{пр} * F_{пр} , \quad (13.1)$$

где $q_{пр}$ – поверхностная плотность теплового потока прибора, Вт/м²; $F_{пр}$ – расчётная площадь отопительного прибора, м².

Отсюда площадь поверхности отопительного прибора:

$$F_{пр} = Q_{пр}/q_{пр} , \quad (13.2)$$

где требуемая теплоотдача прибора в помещение $Q_{пр}$ определяется по формуле:

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{п}} - \beta_{\text{тр}} * Q_{\text{тр}} \quad (13.3)$$

где $Q_{\text{п}}$ – расчётные потери тепла помещением, Вт; $Q_{\text{тр}}$ – суммарная теплоотдача проложенных в пределах помещения нагретых труб стояка (ветвей) и подводок, к которым непосредственно присоединён прибор, Вт; $\beta_{\text{тр}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий долю теплоотдачи теплопроводов, полезную для поддержания заданной температуры воздуха в помещении ($\beta_{\text{тр}}$ составляет при прокладке труб: открытой – 0,9; скрытой в глухой борозде стены – 0,5; замоноличенной в тяжелый бетон – 1,8).

Суммарная теплоотдача открыто проложенных в помещении труб:

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{в}} * l_{\text{в}} + q_{\text{г}} * l_{\text{г}} , \quad (13.4)$$

где $q_{\text{в}}$, $q_{\text{г}}$ – теплоотдача 1 м вертикальных и горизонтальных труб в помещении, Вт/м, принимается по [24, табл. П.22]; $l_{\text{в}}$, $l_{\text{г}}$ – длина вертикальных и горизонтальных труб в пределах помещения, м.

Расчётную плотность теплового потока определяют для теплоносителя (воды) по формуле:

$$q_{\text{пр}} = \left(\frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70}\right)^{1+n} * \left(\frac{G_{\text{пр}}}{360}\right)^p * c * q_{\text{ном}} , \quad (13.5)$$

где $\Delta t_{\text{ср}}$ – средний температурный напор в отопительном приборе с учётом понижения температуры воды в подающей магистрали и стояке, °С; $G_{\text{пр}}$ – действительный расход воды в отопительном приборе, кг/ч; $q_{\text{ном}}$ – номинальная плотность прибора, принятого к установке, при стандартных условиях работы, Вт/м²

[13, табл. 77]; n, p, c – коэффициенты [24, табл. 9.2].

Для двухтрубных систем водяного отопления, когда каждый нагревательный прибор подключается к подающей магистрали независимо, средний температурный напор в отопительном приборе определяется по формуле:

$$\Delta t_{cp} = 0.5 * (t_r + t_0) , \quad (13.6)$$

где t_r – температура теплоносителя в подающем трубопроводе, °С;
 t_0 – температура теплоносителя в обратном трубопроводе, °С.

В однотрубных системах водяного отопления нагревательные приборы соединены последовательно, поэтому температура теплоносителя, поступающего в последующий прибор, должна рассчитываться с учётом охлаждения воды в предыдущем приборе и с учётом охлаждения теплоносителя в трубах подающей магистрали на 2 °С. Температура воды, входящей в первый нагревательный прибор принимается $t_{вх} = t_r - 2$. Температура воды на выходе из прибора рассчитывается по формуле [24]:

$$t_{вых} = t_{вх} - 0,5 * Q_{пр} * \beta_1 * \beta_2 * \frac{3,6}{c_w G_{пр}} , \quad (13.7)$$

где β_1 – поправочный коэффициент, учитывающий теплопередачу через дополнительную площадь отопительных приборов (для радиаторов и конвекторов ($\beta_1 = 1,03 \dots 1,08$, для ребристых труб $\beta_1 = 1,13$); β_2 – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери вследствие размещения отопительных приборов у наружных ограждений ($\beta_2 = 1,02 \dots 1,04$).

Средний температурный напор в отопительном приборе при однотрубной системе отопления:

$$\Delta t_{\text{ср}} = t_{\text{вых}} - t_{\text{в}}, \quad (13.8)$$

где $t_{\text{в}}$ – температура окружающего воздуха, °С.

Действительный расход воды в отопительном приборе рассчитывается по формуле, кг/ч:

$$G_{\text{пр}} = \frac{3,6Q_{\text{п}}}{c_{\text{в}}*(t_{\text{г}}-t_{\text{о}})}, \quad (13.9)$$

где $Q_{\text{п}}$ – теплотери в рассматриваемом помещении, Вт; $c_{\text{в}}$ – удельная массовая теплоёмкость воды, равная 4,19 кДж/(кг·°С).

Число секций радиаторов определяют по формуле:

$$N = \frac{F_{\text{пр}}}{f_1} * \frac{\beta_4}{\beta_3}, \quad (13.10)$$

где f_1 – площадь поверхности нагрева одной секции, м², принимается по [24, приложение X]; β_4 – коэффициент, учитывающий способ установки отопительных приборов (табл. 3.3); β_3 – поправочный коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе, рассчитывается по формуле $\beta_3 = 0.92 + \left(\frac{0.16}{F_{\text{пр}}}\right)$. β_4 – коэффициент, учитывающий способ установки отопительного прибора [24, табл. 9.12].

Число панельных радиаторов типа РСВ1 и РСВ2 рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{F_{\text{пр}}}{f_1}, \quad (13.11)$$

где f_1 – площадь одной панели, м², принимается по [24, приложение X].

Число элементов конвекторов без кожуха или ребристых труб в ярусе по вертикали или в ряду по горизонтали определяется по формуле:

$$N = \frac{F_{\text{нр}}}{(n * f_1)} , \quad (13.12)$$

где n – число ярусов или рядов элементов, составляющих прибор; f_1 – площадь одного элемента конвектора или одной ребристой трубы принятой длины, м^2 , выбираемая по [24, приложение X].

Длина греющей трубы l , м, в ярусе или в ряду гладкотрубного прибора составляет:

$$l = \frac{F_{\text{нр}}}{n} * \frac{\beta_4}{f_1} , \quad (13.13)$$

где n – число ярусов или рядов греющих труб, составляющих прибор; f_1 – площадь 1 м открытой горизонтальной трубы принятого диаметра, $\text{м}^2/\text{м}$.

Подбор нагревательных элементов для одного стояка проводится подробно с формулами и вычислениями.

Подбор площади поверхности нагревательных приборов для остальных стояков представляется в виде сводной табл. 13.1.

Таблица 13.1

Расчёт площади поверхности отопительных приборов

1	№ помещения	
2	Температура воздуха внутри помещения t , °С	
3	Теплопотребность помещения (теплотери) $Q_{п}$, Вт	
4	Температура теплоносителя на входе $t_{вх}$, °С	
5	Температура теплоносителя на выходе $t_{вых}$, °С	
6	Средний температурный напор $\Delta t_{ср}$, °С	
7	Способ подачи теплоносителя	
8	Расход теплоносителя $G_{пр}$, кг/ч	
9	Расчетная плотность теплового потока $q_{пр}$, Вт/м ²	
10	Поправочные коэффициенты	β_3
11		β_3
12		β_3
13	Теплоотдача подводящих трубопроводов $Q_{тр}$, Вт	
14	Тепловая мощность прибора $Q_{пр}$, Вт	
15	Расчетная площадь поверхности нагрева отопительного прибора $F_{пр}$, м ²	
16	Число секций N	

Приложение А (справочное)

Таблица А.1

Коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции

Материал наружной поверхности ограждающей конструкции	Коэффициент поглощения солнечной радиации ρ
Алюминий	0,5
Асбестоцементные листы	0,65
Асфальтобетон	0,9
Бетоны	0,7
Дерево неокрашенное	0,6
Защитный слой рулонной кровли из светлого гравия	0,65
Кирпич глиняный красный	0,7
Кирпич силикатный	0,6
Облицовка природным камнем белым	0,45
Окраска силикатная темно-серая	0,7
Окраска известковая белая	0,3
Плитка облицовочная керамическая	0,8
То же, стеклянная синяя	0,6
То же, белая или палевая	0,45
Рубероид с песчаной посыпкой	0,9
Сталь листовая, окрашенная белой краской	0,45
То же, окрашенная темно-красной краской	0,8
То же, окрашенная зеленой краской	0,6
Сталь кровельная оцинкованная	0,65
Стекло облицовочное	0,7
Штукатурка известковая темно-серая или терракотовая	0,7
Штукатурка цементная светло-голубая	0,3
То же, темно-зеленая	0,6
То же, кремовая	0,4

Приложение Б (справочное)

Таблица Б.1.

Сопrotивление паропроницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции

Материал	Толщина слоя, мм	Сопrotивление паропроницанию R_{vp} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$
Картон обыкновенный	1,3	0,016
Листы асбестоцементные	6	0,3
Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	10	0,12
Листы древесно-волокнистые жесткие	10	0,11
То же, мягкие	12,5	0,05
Окраска горячим битумом за один раз	2	0,3
То же, за два раза	4	0,48
Окраска масляная за два раза с предварительной шпатлевкой и грунтовкой	-	0,64
Окраска эмалевой краской	-	0,48
Покрытие изольной мастикой за один раз	2	0,60
Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за один раз	1	0,64
То же, за два раза	2	1,1
Пергамин кровельный	0,4	0,33
Полиэтиленовая пленка	0,16	7,3
Рубероид	1,5	1,1
Толь кровельный	1,9	0,4
Фанера клееная трехслойная	3	0,15

Приложение В (справочное)

Таблица В.1

Сопrotивления воздухопроницанию слоев конструкций

Материалы и конструкции	Толщина слоя, мм	Сопrotивление воздухопроницанию $\mu_{Rф}$ м ² ч Па/кг
Бетон сплошной (без швов)	100	20 000
Газосиликат сплошной (без швов)	140	21
Известняк-ракушечник	500	6
Картон строительный (без швов)	1,3	64
Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной в один кирпич и более	250 и более	18
Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-шлаковом растворе толщиной в полкирпича	120	1
Кладка кирпича керамического пустотного на цементно-песчаном растворе толщиной в полкирпича	-	2
Кладка из легкoбетонных камней на цементно-песчаном растворе	400	13
Листы асбестоцементные с заделкой швов	6	200
Обои бумажные обычные	-	20
Обшивка из обрeзных досок, соединенных впритык или в четверть	20-25	0,1
Обшивка из обрeзных досок, соединенных в шпунт	20-25	1,5
Обшивка из досок двойная с прокладкой между обшивками строительной бумаги	50	100

Обшивка из фибролита или из древесно-волоконистых бесцементных мягких плит с заделкой швов	15-70	2,5
Обшивка из фибролита или из древесно-волоконистых бесцементных мягких плит без заделки швов	15-70	0,5
Обшивка из жестких древесно-волоконистых листов с заделкой швов	10	3,3
Обшивка из гипсовой сухой штукатурки с заделкой швов	10	20
Пенобетон автоклавный (без швов)	100	2000
Пенобетон неавтоклавный (без швов)	100	200
Пенополистирол	50-100	80
Пеностекло сплошное (без швов)	120	>2000
Плиты минераловатные жесткие	50	2
Рубероид	1,5	Воздухонепроницаем
Толь	1,5	490
Фанера клееная (без швов)	3-4	2900
Шлакобетон сплошной (без швов)	100	14
Штукатурка цементно-песчаным раствором по каменной или кирпичной кладке	15	373
Штукатурка известковая по каменной или кирпичной кладке	15	142
Штукатурка известково-гипсовая по дереву (по драни)	20	17
Керамзитобетон плотностью, 1000 кг/м ³	250-400	53-80
То же, 1100-1300 кг/м ³	250-450	390-590

Приложение Г (справочное)

Таблица Г.1

Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий

Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условиях эксплуатации конструкций А и Б						
	плотность, кг/м ³	удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°С)	теплопроводность, Вт/(м·°С)	влажность w, %		теплопроводность, λ Вт/(м·°С)		теплоусвоение (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°С)		паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Теплоизоляционные материалы										
1. Плиты из пенополистирола	До 10	1,34	0,049	2	10	0,052	0,059	0,23	0,28	0,05
2. То же	10-12	1,34	0,041	2	10	0,044	0,050	0,2	0,28	0,05
3. То же	12-14	1,34	0,040	2	10	0,043	0,049	0,25	0,30	0,05
4. То же	14-15	1,34	0,039	2	10	0,042	0,048	0,26	0,30	0,05
5. То же	15-17	1,34	0,038	2	10	0,041	0,047	0,27	0,32	0,05
6. То же	17-20	1,34	0,037	2	10	0,040	0,046	0,29	0,34	0,05

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7. То же	20-25	1,34	0,036	2	10	0,038	0,044	0,31	0,38	0,05
8. То же	25-30	1,34	0,036	2	10	0,038	0,044	0,34	0,41	0,05
9. То же	30-35	1,34	0,037	2	10	0,040	0,046	0,38	0,45	0,05
10. То же	35-38	1,34	0,037	2	10	0,040	0,046	0,38	0,45	0,05
11. Плиты из пенополистирола фасадные	16,5-20	1,34	0,037	2	10	0,040	0,045	0,29	0,34	0,05
12. Плиты из пенополистирола с графитовыми добавками	15-20	1,34	0,033	2	10	0,035	0,040	0,27	0,32	0,05
13. Плиты из пенополистирола с графитовыми добавками	20-25	1,34	0,032	2	10	0,034	0,039	0,30	0,35	0,05
14. Экструдированный пенополистирол	25-33	1,34	0,029	1	2	0,030	0,031	0,30	0,31	0,005
15. То же	35-45	1,34	0,030	1	2	0,031	0,032	0,35	0,36	0,005
16. Пенополиуретан	80	1,47	0,041	2	5	0,042	0,05	0,62	0,70	0,05
17. То же	60	1,47	0,035	2	5	0,036	0,041	0,49	0,55	0,05
18. То же	40	1,47	0,029	2	5	0,031	0,04	0,37	0,44	0,05
19. Плиты из резольно-фенолформальдегидного пенопласта	90	1,68	0,045	5	20	0,053	0,073	0,81	1,10	0,15
20. То же	80	1,68	0,044	5	20	0,051	0,071	0,75	1,02	0,23

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
21. То же	50	1,68	0,041	5	20	0,045	0,064	0,56	0,77	0,23
22. Перлитопластбетон	200	1,05	0,041	2	3	0,052	0,06	0,93	1,01	0,008
23. То же	100	1,05	0,035	2	3	0,041	0,05	0,58	0,66	0,008
24. Перлитофосфогелевые изделия	300	1,05	0,076	3	12	0,08	0,12	1,43	2,02	0,2
25. Перлитофосфогелевые изделия	200	1,05	0,064	3	12	0,07	0,09	1,1	1,43	0,23
26. Теплоизоляционные изделия из вспененного синтетического каучука	60-95	1,806	0,034	5	15	0,04	0,054	0,65	0,71	0,003
27. Плиты минераловатные из каменного волокна	180	0,84	0,038	2	5	0,045	0,048	0,74	0,81	0,3
28. То же	140-175	0,84	0,037	2	5	0,043	0,046	0,68	0,75	0,31
29. То же	80-125	0,84	0,036	2	5	0,042	0,045	0,53	0,59	0,32
30. То же	40-60	0,84	0,035	2	5	0,041	0,044	0,37	0,41	0,35
31. То же	25-50	0,84	0,036	2	5	0,042	0,045	0,31	0,35	0,37
32. Плиты из стеклянного штапельного волокна	85	0,84	0,044	2	5	0,046	0,05	0,51	0,57	0,5
33. То же	75	0,84	0,04	2	5	0,042	0,047	0,46	0,52	0,5
34. То же	60	0,84	0,038	2	5	0,04	0,045	0,4	0,45	0,51
35. То же	45	0,84	0,039	2	5	0,041	0,045	0,35	0,39	0,51

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
36. То же	35	0,84	0,039	2	5	0,041	0,046	0,31	0,35	0,52
37. То же	30	0,84	0,04	2	5	0,042	0,046	0,29	0,32	0,52
38. То же	20	0,84	0,04	2	5	0,043	0,048	0,24	0,27	0,53
39. То же	17	0,84	0,044	2	5	0,047	0,053	0,23	0,26	0,54
40. То же	15	0,84	0,046	2	5	0,049	0,055	0,22	0,25	0,55
41. Плиты древесно-волокнистые и древесно-стружечные	1000	2,3	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
42. То же	800	2,3	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
43. То же	600	2,3	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
44. То же	400	2,3	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
45. То же	200	2,3	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
46. Плиты фибролитовые и арболит на портландцементе	500	2,3	0,095	10	15	0,15	0,19	3,86	4,50	0,11
47. То же	450	2,3	0,09	10	15	0,135	0,17	3,47	4,04	0,11
48. То же	400	2,3	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
49. Плиты камышитовые	300	2,3	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
50. То же	200	2,3	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
51. Плиты торфяные теплоизоляционные	300	2,3	0,064	15	20	0,07	0,08	2,12	2,34	0,19

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
52. То же	200	2,3	0,052	15	20	0,06	0,064	1,6	1,71	0,49
53. Пакля	150	2,3	0,05	7	12	0,06	0,07	1,3	1,47	0,49
54. Плиты из гипса	1350	0,84	0,35	4	6	0,50	0,56	7,04	7,76	0,098
55. То же	1100	0,84	0,23	4	6	0,35	0,41	5,32	5,99	0,11
56. Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	1050	0,84	0,15	4	6	0,34	0,36	5,12	5,48	0,075
57. То же	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
58. Изделия из вспученного перлита на битумном связующем	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
59. То же	250	1,68	0,082	1	2	0,085	0,099	1,53	1,64	0,04
60. То же	225	1,68	0,079	1	2	0,082	0,094	1,39	1,47	0,04
61. То же	200	1,68	0,076	1	2	0,078	0,09	1,23	1,32	0,04
Засыпки										
1. Гравий керамзитовый	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
2. То же	500	0,84	0,14	2	3	0,15	0,165	2,25	2,41	0,23
3. То же	450	0,84	0,13	2	3	0,14	0,155	2,06	2,22	0,235
4. То же	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,145	1,87	2,02	0,24
5. То же	350	0,84	0,115	2	3	0,125	0,14	1,72	1,86	0,245
6. То же	300	0,84	0,108	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
7. То же	250	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,26

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8. То же	200	0,84	0,090	2	3	0,10	0,11	1,16	1,24	0,27
9. Гравий шунгизитовый (ГОСТ 9757)	700	0,84	0,16	2	4	0,18	0,21	2,91	3,29	0,21
10. То же	600	0,84	0,13	2	4	0,16	0,19	2,54	2,89	0,22
11. То же	500	0,84	0,12	2	4	0,15	0,175	2,25	2,54	0,22
12. То же	450	0,84	0,11	2	4	0,14	0,16	2,06	2,30	0,22
13. То же	400	0,84	0,11	2	4	0,13	0,15	1,87	2,10	0,23
14. Щебень шлакопемзовый и аглопоритовый (ГОСТ 9757)	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,22
15. То же	700	0,84	0,16	2	3	0,19	0,23	2,99	3,37	0,23
16. То же	600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,7	2,98	0,24
17. То же	500	0,84	0,14	2	3	0,16	0,19	2,32	2,59	0,25
18. То же	450	0,84	0,13	2	3	0,15	0,17	2,13	2,32	0,255
19. То же	400	0,84	0,122	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,26
20. Пористый гравий с остеклованной оболочкой из доменного и ферросплавного шлаков (ГОСТ 25820)	700	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,84	3,06	0,22
21. То же	600	0,84	0,13	2	3	0,16	0,18	2,54	2,76	0,235
22. То же	500	0,84	0,12	2	3	0,14	0,15	2,17	2,30	0,24

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
23. То же	400	0,84	0,10	2	3	0,13	0,14	1,87	1,98	0,245
24. Щебень и песок из перлита вспученного (ГОСТ 10832)	500	0,84	0,09	1	2	0,1	0,11	1,79	1,92	0,26
25. То же	400	0,84	0,076	1	2	0,087	0,095	1,5	1,6	0,3
26. То же	350	0,84	0,07	1	2	0,081	0,085	1,35	1,42	0,3
27. То же	300	0,84	0,064	1	2	0,076	0,08	0,99	1,04	0,34
28. Вермикулит вспученный (ГОСТ 12865)	200	0,84	0,065	1	3	0,08	0,095	1,01	1,16	0,23
29. То же	150	0,84	0,060	1	3	0,074	0,098	0,84	1,02	0,26
30. То же	100	0,84	0,055	1	3	0,067	0,08	0,66	0,75	0,3
31. Песок для строительных работ (ГОСТ 8736)	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
Конструкционные и конструкционно-теплоизоляционные материалы										
Бетоны на заполнителях из пористых горных пород										
1. Туфобетон	1800	0,84	0,64	7	10	0,87	0,99	11,3 8	12,79	0,09
2. То же	1600	0,84	0,52	7	10	0,7	0,81	9,62	10,91	0,11
3. То же	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,11
4. То же	1200	0,84	0,32	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,12
5. Бетон на литоидной пемзе	1600	0,84	0,52	4	6	0,62	0,68	8,54	9,3	0,075

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6. То же	1400	0,84	0,42	4	6	0,49	0,54	7,1	7,76	0,083
7. То же	1200	0,84	0,30	4	6	0,4	0,43	5,94	6,41	0,098
8. То же	1000	0,84	0,22	4	6	0,3	0,34	4,69	5,2	0,11
9. То же	800	0,84	0,19	4	6	0,22	0,26	3,6	4,07	0,12
10. Бетон на вулканическом шлаке	1600	0,84	0,52	7	10	0,64	0,7	9,2	10,14	0,075
11. То же	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,083
12. То же	1200	0,84	0,33	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,09
13. То же	1000	0,84	0,24	7	10	0,29	0,35	4,9	5,67	0,098
14. То же	800	0,84	0,20	7	10	0,23	0,29	3,9	4,61	0,11
Бетоны на искусственных пористых заполнителях										
1. Керамзитобетон на керамзитовом песке	1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
2. То же	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
3. То же	1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
4. То же	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
5. То же	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
6. То же	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
7. То же	600	0,84	0,16	5	10	0,2	0,26	3,03	3,78	0,26
8. То же	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,3

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9. Керамзитобетон на кварцевом песке с умеренной (до $V_{в}=12\%$) поризацией	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
10. То же	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
11. То же	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
12. Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
13. То же	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
14. Керамзитобетон беспесчаный	700	0,84	0,135	3,5	6	0,145	0,155	2,70	2,94	0,145
15. То же	600	0,84	0,130	3,5	6	0,140	0,150	2,46	2,68	0,155
16. То же	500	0,84	0,120	3,5	6	0,130	0,140	2,16	2,36	0,165
17. То же	400	0,84	0,105	3,5	6	0,115	0,125	1,82	1,99	0,175
18. То же	300	0,84	0,095	3,5	6	0,105	0,110	1,51	1,62	0,195
19. Шунгзитобетон	1400	0,84	0,49	4	7	0,56	0,64	7,59	8,6	0,098
20. То же	1200	0,84	0,36	4	7	0,44	0,5	6,23	7,04	0,11
21. То же	1000	0,84	0,27	4	7	0,33	0,38	4,92	5,6	0,14
22. Перлитобетон	1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
23. То же	1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
24. То же	800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
25. То же	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
26. Бетон на шлакопем- зовом щебне	1800	0,84	0,52	5	8	0,63	0,76	9,32	10,83	0,075
27. То же	1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
28. То же	1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
29. То же	1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
30. То же	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
31. Бетон на остекло- ванном шлаковом гра- вии	1800	0,84	0,46	4	6	0,56	0,67	8,60	9,80	0,08
32. То же	1600	0,84	0,37	4	6	0,46	0,55	7,35	8,37	0,085
33. То же	1400	0,84	0,31	4	6	0,38	0,46	6,25	7,16	0,09
34. То же	1200	0,84	0,26	4	6	0,32	0,39	5,31	6,10	0,10
35. То же	1000	0,84	0,21	4	6	0,27	0,33	4,45	5,12	0,11
36. Мелкозернистые бетоны на гранулиро- ванных доменных и ферросплавных (сили- комарганца и ферро- марганца) шлаках	1800	0,84	0,58	5	8	0,7	0,81	9,82	11,18	0,083
37. То же	1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
38. То же	1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
39. То же	1200	0,84	0,36	5	8	0,49	0,52	6,57	7,31	0,11

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
40. Аглопоритобетон и бетоны на заполнителях из топливных шлаков	1800	0,84	0,7	5	8	0,85	0,93	10,8 2	11,98	0,075
41. То же	1600	0,84	0,58	5	8	0,72	0,78	9,39	10,34	0,083
42. То же	1400	0,84	0,47	5	8	0,59	0,65	7,92	8,83	0,09
43. То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,48	0,54	6,64	7,45	0,11
44. То же	1000	0,84	0,29	5	8	0,38	0,44	5,39	6,14	0,14
45. Бетон на зольном обжиговом и безобжиговом гравии	1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
46. То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
47. То же	1000	0,84	0,24	5	8	0,3	0,35	4,79	5,48	0,12
48. Вермикулитобетон	800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	-
49. То же	600	0,84	0,14	8	1	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
50. То же	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
51. То же	300	0,84	0,08	8	13	0,09	0,11	1,52	1,83	0,23
Бетоны особо легкие на пористых заполнителях и ячеистые										
1. Полистиролбетон на портландцементе (ГОСТ Р 51263)	600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,20	3,07	3,49	0,068
2. То же	500	1,06	0,125	4	8	0,14	0,16	2,5	2,85	0,075
3. То же	400	1,06	0,105	4	8	0,12	0,135	2,07	2,34	0,085
4. То же	350	1,06	0,095	4	8	0,11	0,12	1,85	2,06	0,09

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5. То же	300	1,06	0,085	4	8	0,09	0,11	1,55	1,83	0,10
6. То же	250	1,06	0,075	4	8	0,085	0,09	1,38	1,51	0,11
7. То же	200	1,06	0,065	4	8	0,07	0,08	1,12	1,28	0,12
8. То же	150	1,06	0,055	4	8	0,057	0,06	0,87	0,96	0,135
9. Полистиролбетон модифицированный на шлакопортландцементе	500	1,06	0,12	3,5	7	0,13	0,14	2,39	2,63	0,075
10. То же	400	1,06	0,09	3,5	7	0,10	0,11	1,87	1,98	0,08
11. То же	300	1,06	0,08	3,5	7	0,08	0,09	1,45	1,63	0,10
12. То же	250	1,06	0,07	3,5	7	0,07	0,08	1,24	1,40	0,11
13. То же	200	1,06	0,06	3,5	7	0,06	0,07	1,02	1,09	0,12
14. Газо- и пенобетон на цементном вяжущем	1000	0,84	0,29	8	12	0,38	0,43	5,71	6,49	0,11
15. То же	800	0,84	0,21	8	12	0,33	0,37	4,92	5,63	0,14
16. То же	600	0,84	0,14	8	12	0,22	0,26	3,36	3,91	0,17
17. То же	400	0,84	0,11	8	12	0,14	0,15	2,19	2,42	0,23
18. Газо- и пенобетон на известняковом вя- жущем	1000	0,84	0,31	12	18	0,48	0,55	6,83	7,98	0,13
19. То же	800	0,84	0,23	11	16	0,39	0,45	6,07	7,03	0,16
20. То же	600	0,84	0,15	11	16	0,28	0,34	5,15	6,11	0,18
21. То же	500	0,84	0,13	11	16	0,22	0,28	4,56	5,55	0,235

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
22. Газо- и пенозолобетон на цементном вяжущем	1200	0,84	0,37	15	22	0,60	0,66	7,99	9,18	0,085
23. То же	1000	0,84	0,32	15	22	0,52	0,58	7,43	8,62	0,098
24. То же	800	0,84	0,23	15	22	0,41	0,47	6,61	7,60	0,12
Кирпичная кладка из сплошного кирпича										
1. Глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,56	1	2	0,7	0,81	9,2	10,12	0,11
2. Глиняного обыкновенного на цементно-шлаковом растворе	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12
3. Глиняного обыкновенного на цементно-перлитовом растворе	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,7	8,08	9,23	0,15
4. Силикатного на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,7	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
5. Трепельного на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
6. То же	1000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
7. Шлакового на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,7	8,12	8,76	0,11

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кирпичная кладка из пустотного кирпича										
1. Керамического пустотного плотностью 1400 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
2. Керамического пустотного плотностью 1300 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
3. Керамического пустотного плотностью 1000 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
4. Силикатного одинадцатипустотного на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,64	2	4	0,7	0,81	8,59	9,63	0,13

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5. Силикатного четырехнадцатипустотного на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,52	2	4	0,64	0,76	7,93	9,01	0,14
Дерево и изделия из него										
1. Сосна и ель поперек волокон	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
2. Сосна и ель вдоль волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
3. Дуб поперек волокон	700	2,3	0,1	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
4. Дуб вдоль волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
5. Фанера клееная	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
6. Картон облицовочный	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,2	6,75	0,06
7. Картон строительный многослойный	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
Конструкционные материалы										
Бетоны										
1. Железобетон	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	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. Раствор цементно-песчаный	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4. Раствор сложный (песок, известь, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,7	0,87	8,95	10,42	0,098
5. Раствор известково-песчаный	1600	0,84	0,47	2	4	0,7	0,81	8,69	9,76	0,12
Облицовка природным камнем										
1. Гранит, гнейс и базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
2. Мрамор	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
3. Известняк	2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06
4. То же	1800	0,88	0,7	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
5. То же	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
6. То же	1400	0,88	0,49	2	3	0,56	0,58	7,42	7,72	0,11
7. Туф	2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
8. То же	1800	0,88	0,56	3	5	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
9. То же	1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
10. То же	1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,6	0,098
11. То же	1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
12. То же	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,2	4,8	0,11
Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и рулонные покрытия для полов										
1. Листы асбестоцементные плоские	1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
2. То же	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03

Продолжение табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3. Битумы нефтяные строительные и кровельные	1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,8	6,8	0,008
4. То же	1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
5. То же	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
6. Асфальтобетон	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
7. Рубероид, пергамин, толь	600	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	-
8. Техноэласт	1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,00036
9. Техноэласт	1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,00036
10. Унифлекс	1150	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,00036
11. Линолеум поливинилхлоридный на теплоизолирующей подоснове	1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
12. То же	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
13. Линолеум поливинилхлоридный на тканевой основе	1800	1,47	0,35	0	0	0,35	0,35	8,22	8,22	0,002
14. То же	1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
15. То же	1400	1,47	0,2	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Металлы и стекло										
1. Сталь стержневая арматурная	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
2. Чугун	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
3. Алюминий	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
4. Медь	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
5. Стекло оконное	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0

Примечания

1. Расчетные значения коэффициента теплоусвоения (при периоде 24 ч) материала в конструкции вычислены по формуле

$$s = 0.27 \sqrt{\lambda \rho_0 (c_0 + 0.0419w)} ,$$

где λ , ρ_0 , c_0 , w принимают по соответствующим графам настоящей таблицы.

2. Характеристики материалов в сухом состоянии приведены при влажности материала w , %, равной нулю.

3. Значения термических сопротивлений теплопередаче замкнутых воздушных прослоек принимать по **таблице 9.1**. При оклейке поверхности вертикальной воздушной прослойки алюминиевой фольгой ее термическое сопротивление не должно превышать:

0,40 м²С/Вт для воздушной прослойки толщиной 0,02 м;

0,45 м²С/Вт для воздушной прослойки толщиной 0,03 м;

0,50 м²С/Вт для воздушной прослойки толщиной 0,05 м;

Литература

1. Балашов А.А. Проектирование систем отопления и вентиляции гражданских зданий: учебное пособие / А.А. Балашов, Н.Ю. Полунина. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 88 с.
2. ГОСТ 10832-2009. Песок и щебень перлитовые вспученные. Технические условия.
3. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
4. ГОСТ 12865-67. Вермикулит вспученный.
5. ГОСТ 16381-77. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Классификация и общие технические требования.
6. ГОСТ 24816-81. Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности.
7. ГОСТ 25820-2000. Бетоны легкие. Технические условия.
8. ГОСТ 26253-84. Здания и сооружения. Метод определения теплоустойчивости ограждающих конструкций.
9. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
10. ГОСТ 31167-2009. Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях.
11. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия.
12. ГОСТ Р 51263-99. Полистиролбетон. Технические условия.
13. Еремкин А.И., Королева Т.И. Тепловой режим зданий: учеб. пособие / А.И. Еремкин, Т.И. Королева. – М.: Из-во АСВ, 2000 – 368 с.

14. СанПиН 2.1.2.2645-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях.

15. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

16. Сканави А.Н. Отопление: учебник для студентов вузов / А.Н. Сканави, Л.М. Махов. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 576 с.

17. СП 106.13330.2011. Животноводческие, птицеводческие и звероводческие жилые здания и помещения. Актуализированная редакция СНиП 2.10.03-84.

18. СП 109.13330.2012. Холодильники. Актуализированная редакция СНиП 2.11.02-87.

19. СП 117.13330-2011. Общественные здания административного назначения. Актуализированная редакция СНиП 31-05-2003.

20. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*.

21. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.

22. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.

23. СП 60.13330.2010. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

24. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1: Отопление / под ред. И.Г. Старовойра и Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.

25. Тихомиров К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: учебник для вузов / К.В. Тихомиров, Э.С. Сергеевко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.

Учебное издание

**Самигуллин А.Д., Исрафилов И.Х.,
Галиакбаров А.Т., Самигуллина А.Р.**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ
СТРОЯЩИХСЯ ИЛИ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ**

Учебное пособие

Главный редактор *Д.К. Мухаммадева*
Технический редактор *Ф.А. Амирзянов*
Корректор *З.Г. Сафаралеева*

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре
Набережночелнинского института
Казанского (Приволжского) федерального университета

Подписано в печать 07.11. 2016г.
Формат 60x84/16. Печать ризографическая
Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman»
Усл. п. л. 6,7. Уч.-изд. л. 6,7
Тираж 50 экз. Заказ № 788

423810, г. Набережные Челны, Новый город, проспект Мира, 68/19
тел./факс (8552) 39-65-99 e-mail: ic-nchi-kpfu@mail.ru