



Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А. С. Горшков Н. И. Ватин

НОРМИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯМИ ЭНЕРГИИ

РАСЧЕТ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯМИ ТЕПЛОВОЙ
ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЮ
ЗА ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

Учебное пособие



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Введение.....	7
1. Общие положения по проектированию зданий с требуемым классом по энергетической эффективности.....	9
1.1. Классификация зданий по энергетической эффективности.....	9
1.2. Исходные данные для проектирования.....	13
1.3. Геометрические характеристики зданий.....	17
1.4. Выбор конструктивных решений наружных ограждений, обеспечивающих требуемый уровень тепловой защиты.....	19
1.4.1. Стены.....	19
1.4.2. Крыши, чердаки, покрытия, мансарды.....	22
1.4.3. Светопрозрачные ограждающие конструкции.....	24
2. Градостроительные и архитектурно-планировочные решения.....	27
3. Конструктивные решения. Требования к уровню тепловой защиты зданий.....	31
3.1. Общие положения.....	31
3.2. Сопротивление теплопередаче элементов ограждающих конструкций.....	32
3.3. Ограничение температуры и недопущение конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции.....	38
3.4. Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период. Показатель «в» требований.....	48
4. Методика проектирования тепловой защиты зданий.....	57
4.1. Несветопрозрачные ограждающие конструкции.....	57
4.1.1. Общие положения по расчету приведенного сопротивления теплопередаче несветопрозрачных ограждающих конструкций.....	57
4.1.2. Метод определения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий на основе расчета температурных полей.....	61
4.2. Ограждающие конструкции теплых чердаков.....	61
4.3. Ограждающие конструкции технических подвалов.....	82

4.4. Светопрозрачные ограждающие конструкции.....	101
4.4.1. Методика выбора светопрозрачных ограждающих конструкций с требуемым уровнем тепловой защиты.....	101
4.4.2. Расчетный метод определения приведенного сопротивления теплопередаче оконных и дверных балконных блоков.....	102
4.5. Ограждающие конструкции остекленных лоджий и балконов.....	113
4.6. Ограждающие конструкции, контактирующие с грунтом.....	118
5. Дополнительные требования к ограждающим конструкциям зданий...	120
5.1. Расчет воздухопроницаемости ограждающих конструкций и помещений.....	120
5.2. Расчет сопротивления паропрооницанию ограждающих конструкций	132
5.3. Расчет теплоустойчивости ограждающих конструкций в холодный период года.....	147
5.4. Расчет теплоусвоения поверхности полов.....	147
6. Мероприятия по повышению энергетической эффективности зданий на стадии эксплуатации.....	154
7. Состав и содержание раздела «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов».....	156
7.1. Общие положения.....	156
7.2. Энергетический паспорт здания.....	158
Приложения.....	174
Приложение 1. Перечень законодательных документов.....	175
Приложение 2. Перечень нормативных документов, на которые имеются ссылки в тексте.....	177
Приложение 3. Основные термины и их определения.....	182
Приложение 4. Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий.....	186
Приложение 5. Значения точки росы t_d , °С, для различных значений температур t_{int} , °С, и относительной влажности ϕ_{int} , %, воздуха в помещении.....	208
Приложение 6. Значения парциального давления насыщенного водяного пара E , Па, для различных значений температур при $P = 100,7$ кПа.....	209
Приложение 7. Значения приведенного сопротивления теплопередаче оконных блоков различных конструкций.....	211

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методическое пособие по расчету потребления зданиями тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий за отопительный период составлено согласно программе дисциплины «Нормирование потребления зданиями энергии» магистерской программы «Энергосбережение и энергоэффективность» по направлению: 270800 «Строительство» и предназначено для проведения лекционных и практических занятий в высших учебных заведениях строительного профиля.

Основным недостатком имеющейся литературы по тематике пособия является ее отстраненность от практики, с которой сталкиваются выпускники вузов после устройства на работу по специальности в проектные и строительные организации. Незнание выпускниками основных нормативных документов является существенным их недостатком. С целью практического ознакомления учащихся со структурой нормативной документации, пособие изложено в формате нормативного документа (СНиП, СП).

Настоящее пособие разработано в соответствии с требованиями СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» по методике СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» применительно к климатическим условиям г. Санкт-Петербурга (по СНиП 23-01) при проектировании новых, реконструируемых, капитально ремонтируемых жилых домов (по СНиП 31-01, СНиП 31-02), и зданий общественного назначения (по СНиП 31-05, СНиП 31-06) с нормируемой температурой и относительной влажностью внутреннего воздуха.

В пособии детально рассмотрены требования СНиП 23-02 к:

- удельному показателю тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания;
- приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий;

- ограничению температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции;
- воздухопроницаемости ограждающих конструкций и помещений зданий;
- защите от переувлажнения ограждающих конструкций;
- теплоустойчивости ограждающих конструкций в холодный период года;
- теплоусвоению поверхности полов;
- долговечности зданий, ограждающих конструкций и инженерных сетей.

Авторы выражают благодарность заведующему кафедрой «Городское строительство и хозяйство» ГОУ ВПО СибАДИ к. т. н., доценту Кривошеину А. Д. за предоставленные методические материалы по определению, на основе расчета температурных полей, приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий с примерами расчетов, выполненных в программном комплексе «Temper 3D». Авторы признательны за ценные замечания при рецензировании рукописи пособия д. т. н. профессору ФГБОУ СПбГПУ Величкину Виктору Захаровичу. Важная роль в составлении пособия в том виде, в котором он представлен, принадлежит Д. В. Немовой. Ее ценные дополнения в состав и структурирование пособия, позволили максимально его адаптировать для целей учебной дисциплины.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время эксплуатируемые и проектируемые в Российской Федерации здания характеризуются значительным энергопотреблением. Жилой фонд Российской Федерации с точки зрения затрат тепловой энергии на отопление в два-три раза менее эффективен по сравнению со зданиями, эксплуатируемыми в странах Западной Европы, США и Канады. Неэффективное использование энергетических ресурсов, запасы которых не являются неисчерпаемыми, создает угрозу национальной безопасности страны в ближайшие 30-70 лет. Осознав это, российское правительство разработало Федеральный закон № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», основной целью которого является поэтапное снижение энергопотребления зданиями, оборудованием, транспортом и т. д.

Значительная доля суммарного энергопотребления в балансе расходов в масштабе страны энергетических ресурсов приходится на отопление зданий. Затраты на отопление зданий входят, в том числе, в себестоимость товаров и услуг. В связи с постоянным ростом стоимости энергетических ресурсов стоимость российских товаров и услуг становится все менее конкурентоспособной по сравнению с товарами, произведенными в более развитых с точки зрения подходов к энергосбережению, странах. При вступлении нашей страны в ВТО это обстоятельство может негативно сказаться на объемах продаж российских компаний и предприятий, а, следовательно, и на занятости населения, росте доходов российских граждан. Именно с этим связано все возрастающее количество различных Постановлений правительства и министерств Российской Федерации, направленных на достижение целей сбережения энергетических ресурсов, перечень которых приведен в конце пособия.

В соответствии с требованиями о поэтапном снижении

энергоемкости ВВП, установленными в Приказе Министерства регионального развития Российской Федерации от 28 мая 2010 г. № 262 «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений», в настоящем Пособии нормируемые показатели удельного расхода тепловой энергии на отопление зданий с 2011 г. снижены на 15 % по сравнению с базовыми показателями, установленными в табл. 8 и 9 СНиП 23-02.

В пособии представлена методика расчета тепловой энергии на отопление и вентиляцию, потребляемой зданиями в течение отопительного периода, а также методика проектирования тепловой защиты ограждающих конструкций здания с соответствующими примерами расчета. На основании сравнения расчетных и нормативных значений потребляемой зданиями тепловой энергии устанавливается класс их энергетической эффективности.

Правила определения классов энергетической эффективности многоквартирных домов приведены в Приказе Министерства регионального развития Российской Федерации от 8 апреля 2011 г. № 161.

Перечень иных законодательных документов в области энергосбережения приведен в Приложении 1.

Перечень нормативных документов, на которые даны ссылки в Пособии, приведен в Приложении 2.

В настоящем Пособии использованы термины, определения которых приведены в Приложении 3, а также другие термины, определения которых приведены в нормативных документах, перечисленных в Приложении 2.

Методика расчета является тем системным аппаратом, который позволяет не только рассчитать, но и эффективно регулировать параметры энергопотребления. В пособии приведены примеры обеспечения требуемых параметров энергопотребления, а также мероприятия по снижению затрат тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий и повышению их энергетической эффективности, подтвержденные соответствующими расчетами.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗДАНИЙ С ТРЕБУЕМЫМ КЛАССОМ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗДАНИЙ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

1.1.1. Класс энергетической эффективности многоквартирного дома (далее – класс энергетической эффективности) определяется по результатам:

- оценки архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений, реализованных в здании;

- установления показателей, характеризующих годовые удельные величины расхода энергетических ресурсов, в том числе с использованием инструментальных или расчетных методов;

- величины отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода энергетических ресурсов от нормируемого уровня, устанавливаемого требованиями энергетической эффективности зданий, строений, сооружений.

1.1.2. Оценка архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений, реализованных в здании, устанавливается на основании проектной документации, а также посредством натурного обследования.

1.1.3. Класс энергетической эффективности определяется после сопоставления полученной величины отклонения с таблицей класса энергетической эффективности многоквартирных домов.

1.1.4. При определении класса энергетической эффективности с использованием проектной документации учитывается, в том числе заключение государственной экспертизы проектной документации.

1.1.5. Класс энергетической эффективности эксплуатируемых многоквартирных домов определяется исходя из фактических

показателей удельного годового расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, а также соответствия требованиям энергетической эффективности зданий, строений, сооружений.

1.1.6. Класс энергетической эффективности обозначается латинскими буквами. Обозначения и наименования классов энергетической эффективности указаны в табл. 1 (Приложение 1 к Приказу Министерства регионального развития РФ от 8 апреля 2011 г. № 161).

Таблица 1

Классы энергетической эффективности зданий

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	*Величина отклонения значения удельного расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение здания q_h^{des} от нормируемого уровня q_h^{req} , %
Для новых и реконструируемых зданий		
A	Наивысший	менее – 45
B++	Повышенные	от – 36 до – 45 включительно
B+		от – 26 до – 35 включительно
B	Высокий	от – 11 до – 25 включительно
C	Нормальный	от + 5 до – 10 включительно
Для существующих зданий		
D	Пониженный	от + 6 до + 50 включительно
E	Низший	более + 51
Примечание: * на стадии проектирования – только расчетного значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию.		

1.1.7. Величину отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию

здания q_h^{des} от нормируемого уровня q_h^{req} следует рассчитывать по формуле:

$$k_{eff} = \frac{q_h^{des} - q_h^{req}}{q_h^{req}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где q_h^{des} - расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания;

q_h^{req} - нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$, определяемый для различных типов зданий по табл. 2 или табл. 3 в зависимости от их функционального назначения и этажности (Приказ Министерства регионального развития РФ от 28 мая 2010 г. № 262).

Таблица 2

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых домов: многоквартирных отдельностоящих и блокированных, многоквартирных и массового индустриального изготовления q_h^{req} , $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$

Отапливаемая площадь домов, м^2	С числом этажей			
	1	2	3	4
60 и менее	119	---	---	---
100	106	115	---	---
150	93,5	102	110,5	---
250	85	89	93,5	98
400	---	76,5	81	85
600	---	68	72	76,5
1000 и более	---	59,5	64	68

Примечание:

при промежуточных значениях отапливаемой площади дома в интервале от 60 до 1000 м^2 значения q_h^{req} должны определяться по линейной экстраполяции.

Таблица 3

**Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление и
вентиляцию жилых и общественных зданий q_{h}^{req} , кДж/(м² °С·сут)
или кДж/(м³·°С·сут)**

№ п/п	Типы зданий	Этажность зданий					
		1-3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1	Жилые, гос- тиницы, общежития	По табл. 2	72 [26, 5]	68 [24, 5]	65 [23, 5]	61 [22]	59,5 [21, 5]
2	Поликлини- ки и лечеб- ные учреж- дения, до- ма-интер- наты	[29]; [28]; [27] *	[26, 5]	[26, 5]	[24, 5]	[24]	-
3	Дошколь- ные учреж- дения	[38]	-	-	-	-	-
4	Сервисного обслужива- ния	[19,5]; [18,5]; [18] *	[17]	[17]	-	-	-
5	Обществен- ные, кроме перечис- ленных в поз. 2, 3 и 4	[37,5]; [32,5]; [30,5] *	[27]	[26, 5]	[25]	[24]	-
6	Админист- ративного назначения (офисы)	[30,5]; [29]; [28] *	[23]	[20, 5]	[18, 5]	[17]	[17]
Примечание* – значения нормируемого удельного расхода тепловой энергии приведены соответственно нарастанию этажности							

1.2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.2.1. Расчетную температуру наружного воздуха в холодный период года t_{ext} , °С, принимаемую по СНиП 23-01 равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 и среднюю температуру наружного воздуха t_{ht} , °С, в течение отопительного периода, следует принимать в соответствии с табл. 4.

Таблица 4

**Расчетные температуры наружного воздуха
в холодный период года**

Наименование населенного пункта	Расчетные температуры наружного воздуха, °С		
	наиболее холодной пятидневки, t_{ext}	средняя за отопительный период t_{ht} для зданий	
		жилых и общественных, кроме перечис- ленных в графе 4	поликлиник и лечебных учре- ждений, домов- интернатов и дошкольных учреждений
1	2	3	4
г. Санкт-Петербург	-26	-1,8	-0,9

1.2.2. Расчетные параметры внутреннего воздуха помещений зданий следует принимать согласно ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 30494, СанПиН 2.1.2.2645, СанПиН 2.1.3.2630, СанПиН 2.2.2/2.4.1340, СанПиН 2.4.2.1178, СанПиН 2.4.1.2660, ТСН 31-324, СП 23-101.

1.2.3. Для теплотехнического расчета ограждающих конструкций расчетные параметры внутреннего воздуха соответствующих типов зданий и помещений следует принимать по табл. 5.

1.2.4. Расчетная температура воздуха внутри здания t_{int} для теплого периода года должна быть не выше верхней границы допустимых значений температур, приведенных в табл. 2 ГОСТ 30494.

1.2.5. Продолжительность z_{ht} , сут, и градусо-сутки D_a , °С сут, отопительного периода для климатических условий Санкт-Петербурга следует принимать согласно табл. 6.

1.2.6. Среднюю за отопительный период величину суммарной солнечной радиации на горизонтальную и вертикальные поверхности различной ориентации при действительных условиях облачности I , МДж/м², следует принимать по табл. 7.

Таблица 5

Расчетная температура, относительная влажность и точка росы для внутреннего воздуха помещений, принимаемые при теплотехнических расчетах ограждающих конструкций

Назначение зданий	Расчетная температура внутреннего воздуха t_{int} , °С	Относительная влажность внутреннего воздуха ϕ_{int} , %	Точка росы t_d , °С
1. Жилые здания, общеобразовательные учреждения и другие общественные здания, кроме перечисленных в пунктах 2 и 3 таблицы	20	55	10,7
2. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	21	55	11,6
3. Дошкольные учреждения	22	55	12,6
4. Помещения:			
- кухонь	20	60	12
- ванных комнат	25	60	16,7
- плавательных бассейнов	27	67	20,4
Примечания: 1. Для зданий, не указанных в таблице, температуру воздуха t_{int}, относительную влажность воздуха ϕ_{int} внутри здания и соответствующую им значение точки росы t_d следует принимать согласно ГОСТ 30494 и нормам проектирования соответствующих зданий. 2. Параметры микроклимата специальных общеобразовательных школ-интернатов, детских дошкольных и оздоровительных учреждений следует принимать в соответствии с действующими санитарными правилами и нормами (СанПиН), перечень которых приведен в п. 1.2.2 настоящего Пособия.			

Таблица 6

Градусо-сутки и продолжительность отопительного периода

Наименование населенного пункта	Градусо-сутки $D_d, ^\circ\text{C сут}$ / продолжительность отопительного периода $z_{ht}, \text{сут}$		
	Назначение здания		
	Жилые и общественные, кроме перечисленных в графах 3 и 4	Поликлиник и лечебных учреждений, домов-интернатов	Дошкольных учреждений
1	2	3	4
г. Санкт-Петербург	4796 / 220	5234 / 239	5473 / 239

Таблица 7

Средняя величина солнечной суммарной радиации на горизонтальную и вертикальные поверхности при действительных условиях облачности I , МДж/м², за отопительный период

Наименование населенного пункта	Горизонтальная поверхность	Вертикальные поверхности с ориентацией на:				
		С	СВ / СЗ	В / З	ЮВ / ЮЗ	Ю
г. Санкт-Петербург	912	394	455	650	902	1009

1.2.7. Средний удельный вес наружного воздуха в течение отопительного периода γ_{α}^{ht} , Н/м³, следует принимать равным 12,8 Н/м³.

1.2.8. При проектировании тепловой защиты зданий используют следующие расчетные показатели строительных материалов и конструкций:

- коэффициент теплопроводности λ_B в условиях эксплуатации «Б», Вт/(м · °С);
- коэффициент теплоусвоения s , Вт/(м² · °С);
- удельная теплоемкость (в сухом состоянии) c_0 , кДж/(кг · °С);
- коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м · ч · Па), или

сопротивление паропрооницанию $R_{\text{вт}}, \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;

- термическое сопротивление воздушных прослоек $R_{\alpha\ell}, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;

- значения приведенного сопротивления теплопередаче оконных блоков, балконных дверей, фонарей $R_{\text{оф}}^r, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;

- значения коэффициентов затенения окон непрозрачными элементами τ и относительного пропускания окнами солнечной радиации k ;

- сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций $R_{\alpha}, \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$;

- коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью ограждения ρ_s .

1.2.9. Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий для климатических условий г. Санкт-Петербурга принимаются из условий эксплуатации «Б» по Приложению 4 настоящего Пособия.

1.2.10. Расчетные показатели строительных материалов и изделий, не приведенных в Приложении 4 настоящих рекомендаций, следует принимать для условий эксплуатации «Б» по методике Приложения Е СП 23-101, полученных аккредитованными испытательными лабораториями с учетом расчетного равновесного массового отношения влаги в материале для условий эксплуатации «Б».

1.2.11. Значения равновесной влажности исследуемого материала или изделия для условий эксплуатации «Б» следует принимать по Приложению 4 Пособия в случае, если данный вид материала указан в его перечне, или по фактическим значениям влажности аналогичного материала в конструкции после 3-5 лет эксплуатации. Допускается за величину влажности для условий эксплуатации «Б» принимать значение сорбционной влажности материала при относительной влажности воздуха 97 %.

1.2.12. При расчете сопротивления паропрооницанию ограждающих конструкций (п. 5.2 настоящего Пособия) рассматривают следующие периоды их эксплуатации:

- годовой период, включающий все 12 месяцев;
- период месяцев с отрицательными (ниже 0 °С) средними месячными температурами наружного воздуха;
- зимний период со средними месячными температурами наружного воздуха меньше минус 5 °С;
- весенне-осенний период со средними месячными температурами наружного воздуха в интервале от минус 5 °С до плюс 5 °С;
- летний период со средними месячными температурами наружного воздуха больше плюс 5 °С.

Среднюю температуру наружного воздуха t_i для соответствующего периода эксплуатации ограждающих конструкций следует вычислять как среднеарифметическое значение средних месячных температур периода, определяемых по табл. 8.

Таблица 8

Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С, (а) и среднее месячное парциальное давление водяного пара, гПа (б)

Город		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Санкт-Петербург	а)	-7,8	-7,8	-3,9	3,1	9,8	15,0	17,8	16,0	10,9	4,9	-0,3	-5,0	4,4
	б)	3,3	3,2	3,9	5,7	8,0	11,8	14,6	14,3	10,9	7,6	5,5	4,08 _*	7,8
*Примечание: значение парциального давления водяного пара рассчитано по эмпирической зависимости максимального парциального давления от средней месячной температуры воздуха (а)														

1.3. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЙ

Для определения геометрических характеристик зданий при расчете теплоэнергетических показателей следует руководствоваться следующими правилами:

1.3.1. Отапливаемую площадь здания следует определять как площадь этажей (в т. ч. мансардного, отапливаемого цокольного и подвального) здания, измеряемую в пределах внутренних

поверхностей наружных стен, включая площадь, занимаемую перегородками и внутренними стенами. При этом площадь лестничных клеток, за исключением неотапливаемых и лифтовых шахт, включается в площадь этажа. Площадь антресолей, галерей и балконов зрительных и других залов следует включать в отапливаемую площадь здания.

Примечание: В отапливаемую площадь здания не включаются площади объемов здания неотапливаемого подвала (подполья), чердака или его части, не занятой под мансарду, остекленных лоджий, балконов, веранд, холодных кладовых и т. п., выходящих за пределы наружных ограждающих конструкций, а также площади неотапливаемых технических этажей.

1.3.2. При определении площади мансардного помещения жилого здания учитывается площадь этого помещения с высотой от пола до наклонного потолка 1,5 м при наклоне 30° к горизонту, 1,1 м - при 45° , 0,5 м - при 60° и более. При промежуточных значениях высота определяется по интерполяции. Площадь помещения с меньшей высотой от пола до наклонного потолка следует учитывать в общей площади с коэффициентом 0,7, при этом минимальная высота стены, примыкающей к потолку, должна быть 1,2 м при наклоне потолка 30° , 0,8 м - при $45-60^\circ$, не ограничивается при наклоне 60° и более.

Примечание: При определении площади мансардного помещения общественного здания учитывается площадь этого помещения с высотой от пола до наклонного потолка не менее 1,6 м

1.3.3. Площадь жилых помещений здания подсчитывается как сумма площадей всех общих комнат (гостиных) и спален;

1.3.4. Отапливаемый объем здания определяется как произведение площади этажа на внутреннюю высоту, измеряемую от поверхности пола первого этажа (отапливаемого цокольного этажа и подвала) до поверхности потолка последнего этажа (мансардного этажа, отапливаемого чердака).

Примечания:

1. При сложных формах внутреннего объема здания отапливаемый

объем определяется как объем пространства, ограниченного внутренними поверхностями наружных ограждений (стен, покрытия или чердачного перекрытия, цокольного перекрытия (пола) отапливаемого цокольного этажа).

2. Для определения объема воздуха, заполняющего здание, отапливаемый объем умножается на коэффициент 0,85.

1.3.5. Площадь наружных ограждающих конструкций определяется по внутренним размерам здания. Общая площадь наружных стен (с учетом оконных и дверных проемов) определяется как произведение периметра наружных стен по внутренней поверхности на внутреннюю высоту здания, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа. Суммарная площадь окон определяется по размерам проемов в свету. Площадь наружных стен (непрозрачной части) определяется как разность общей площади наружных стен и площади окон;

1.3.6. Площадь горизонтальных наружных ограждений (покрытия, чердачного и цокольного перекрытия) определяется как площадь этажа здания (в пределах внутренних поверхностей наружных стен).

Примечание: При наклонных поверхностях потолков последнего этажа площадь покрытия, чердачного перекрытия определяется как площадь внутренней поверхности потолка.

1.4. ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ТРЕБУЕМЫЙ УРОВЕНЬ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ

1.4.1. Стены

1.4.1.1. С теплотехнической точки зрения различают три вида наружных стен по числу основных слоев: однослойные, двухслойные и трехслойные.

Однослойные стены выполняют из конструкционно-теплоизоляционных материалов и изделий, совмещающих несущие и теплозащитные функции.

В двухслойных стенах предпочтительно расположение утепли-

теля снаружи. Используются два варианта наружного утеплителя: системы с наружным покровным слоем без зазора и системы с воздушным зазором между наружным облицовочным слоем и утеплителем. Не рекомендуется применять теплоизоляцию с внутренней стороны из-за возможного накопления влаги в теплоизоляционном слое, однако в случае необходимости такого применения поверхность со стороны помещения должна иметь сплошной и долговечный пароизоляционный слой.

1.4.1.2. Стены зданий из кирпича и керамических камней, за исключением стен с воздушными прослойками, а также стены, облицованные кирпичом, рекомендуется проектировать, как правило, с расшивкой швов кладки по фасаду. При применении камней из пористой керамики рекомендуется предусматривать облицовочный слой из кирпича с анкерами из нержавеющей стали или из стеклопластика для связки с основной кладкой.

1.4.1.3. При проектировании стен с неветилируемыми воздушными прослойками следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- размер прослойки по высоте должен быть не более высоты этажа и не более 6 м, размер по толщине - не менее 40 мм (10 мм при устройстве отражательной теплоизоляции);
- воздушные прослойки следует разделять глухими диафрагмами из негорючих материалов на участки размером не более 3 м;
- воздушные прослойки рекомендуется располагать ближе к холодной стороне ограждения.

1.4.1.4. При проектировании стен с вентилируемой воздушной прослойкой (стены с вентилируемым фасадом) следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- воздушная прослойка должна быть толщиной не менее 50 и не более 100 мм и ее следует размещать между наружным слоем и теплоизоляцией; следует предусматривать расщелки воздушного потока по высоте каждые три этажа из перфорированных перегородок;

- при расчете приведенного сопротивления теплопередаче следует учитывать все теплопроводные включения, включая крепежные элементы облицовки и теплоизоляции;

- наружный слой стены должен иметь вентиляционные отверстия, суммарная площадь которых определяется из расчета 75 см^2 на 20 м^2 площади стен, включая площадь окон;

- нижние (верхние) вентиляционные отверстия, как правило, следует совмещать с цоколями (карнизами), причем для нижних отверстий предпочтительно совмещение функций вентиляции и отвода влаги;

- применять жесткие теплоизоляционные материалы плотностью не менее $80\text{-}90 \text{ кг/м}^3$; применение мягких теплоизоляционных материалов не рекомендуется;

- при использовании в качестве наружного слоя облицовки из плит искусственных или натуральных камней горизонтальные швы должны быть раскрыты (не должны заполняться уплотняющим материалом).

1.4.1.5. Тепловую изоляцию наружных стен следует проектировать непрерывной в плоскости фасада здания. Такие элементы ограждений, как внутренние перегородки, колонны, балки, вентиляционные каналы и другие, не должны нарушать целостности слоя теплоизоляции. Воздуховоды, вентиляционные каналы и трубы, которые частично проходят в толще ограждений, следует располагать до теплой поверхности теплоизоляции. Следует обеспечить плотное примыкание теплоизоляции к сквозным теплопроводным включениям.

При применении в ограждающих конструкциях горючих утеплителей оконные и другие проемы по периметру следует обрамлять полосами шириной не менее 200 мм из минераловатного негорючего утеплителя плотностью не менее $80\text{-}90 \text{ кг/м}^3$. Эти конструкции должны иметь разрешения к применению Федерального пожарного надзора.

1.4.1.6. При наличии в конструкции теплозащиты теплопровод-

ных включений необходимо учитывать следующее:

- несквозные включения целесообразно располагать ближе к теплой стороне ограждения;

- в сквозных, главным образом, металлических включениях (профилях, стержнях, болтах, оконных рамах) целесообразно предусматривать вставки (разрывы мостиков холода) из материалов с коэффициентом теплопроводности не выше $0,35 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

1.4.1.7. Приведенное сопротивление теплопередаче R_0^r [$\text{м}^2\cdot\text{°C/Вт}$] для наружных ограждающих конструкций следует определять согласно разделу 8 настоящих рекомендаций для фасада здания либо для одного промежуточного этажа с учетом откосов проемов без учета их заполнений с проверкой условия невыпадения конденсата на участках в зонах теплопроводных включений.

1.4.2. Крыши, чердаки, покрытия, мансарды

1.4.2.1. Покрытия жилых и общественных зданий могут быть бесчердачными (совмещенными) и раздельной конструкции, верхнее и нижнее перекрытия которой образуют чердачное пространство, и в зависимости от способа удаления вентиляционного воздуха оно может быть холодным или теплым.

Крыши с холодным чердаком разрешается применять в жилых зданиях любой этажности. Крыши с теплым чердаком рекомендуется применять в зданиях высотой 9 и более этажей.

1.4.2.2. В крыше с холодным чердаком внутреннее пространство должно вентилироваться наружным воздухом через специальные отверстия в стенах, площадь сечения которых при железобетонном покрытии или сплошной скатной кровле из металлических или других материалов должна быть не менее 0,001 площади перекрытия. При скатной кровле из штучных материалов (асбестоцементных листов, черепицы) чердачное пространство вентилируется через зазоры между его листами, поэтому вентиляционные отверстия допускается не предусматривать.

1.4.2.3. При крыше с холодным чердаком теплоизоляция укла-

дывается по чердачному перекрытию. Теплоизоляционный слой по периметру чердака на ширину не менее 1 м рекомендуется защищать от увлажнения. Вентиляционные шахты и вытяжки канализационных стояков при холодном чердаке с выпуском воздуха наружу должны быть утеплены выше чердачного перекрытия.

1.4.2.4. В крыше с теплым чердаком чердачное пространство, имеющее утепленные наружные стены и утепленное кровельное покрытие, обогревается теплым воздухом, который поступает из вытяжной вентиляции дома. Для удаления воздуха из чердачного пространства следует предусматривать вытяжные шахты по одной на каждую секцию. Чердачное пространство следует посекционно разделить стенами на изолированные отсеки. Дверные проемы в стенах, обеспечивающие сквозной проход по чердаку, должны иметь уплотненные притворы.

1.4.2.5. Плиты покрытия теплого чердака при безрулонной кровле должны иметь верхний кровельный слой не менее 40 мм из плотного бетона и бортовые ребра высотой 100 мм. Плиты рекомендуется проектировать двухслойными, в том числе с теплоизоляционными вкладышами.

Плиты покрытия теплого чердака под рулонную кровлю рекомендуется проектировать однослойными из легкого бетона, в том числе с термовкладышами, или трехслойными.

1.4.2.6. Бесчердачные покрытия (совмещенные крыши) могут устраиваться неветилируемыми и вентилируемыми. Невентилируемые покрытия следует предусматривать в тех случаях, когда в конструкции покрытия путем применения пароизоляции и других мероприятий исключается недопустимое влагонакопление в холодный период года. Вентилируемые покрытия надлежит предусматривать в тех случаях, когда конструктивные меры не обеспечивают нормального влажностного состояния конструкций.

В жилых и общественных зданиях рекомендуется применение вентилируемых совмещенных крыш.

1.4.2.7. Рекомендуемая конструкция бесчердачного (совмещенного) вентилируемого покрытия крыши может содержать следующие слои, считая от нижней поверхности:

- несущая конструкция;
- пароизолирующий слой;
- теплоизолирующий слой;
- вентилируемая прослойка, служащая для удаления влаги из конструкции покрытия или для его охлаждения;
- основание под гидроизоляцию (стяжка или кровельная плита при щелевых вентилируемых прослойках);
- многослойный гидроизолирующий кровельный ковер.

Волокнистые теплоизоляционные материалы в вентилируемых покрытиях должны быть защищены от воздействия вентилируемого воздуха паропроницаемыми пленочными покрытиями.

1.4.2.8. Осушающие воздушные прослойки и каналы следует располагать над теплоизоляцией или в верхней зоне последней. Минимальный размер поперечного сечения этих прослоек не должен быть менее 40 мм. Приточные отверстия следует устраивать в карнизной части, а вытяжные - с противоположной стороны здания или в коньке. Суммарное сечение как приточных, так и вытяжных отверстий рекомендуется назначать в пределах 0,002-0,001 от горизонтальной проекции покрытия.

1.4.3. Светопрозрачные ограждающие конструкции

1.4.3.1. Заполнение светопроемов зданий выполняется в виде двухслойного, трехслойного или четырехслойного остекления (стеклопакетов или отдельных стекол). Для повышения теплозащиты окон с отдельными стеклами рекомендуется применение стекол с твердым и мягким низкоэмиссионным покрытием.

1.4.3.2. Оконные блоки и балконные двери (ГОСТ 23166, ГОСТ 24700, ГОСТ 30674) следует размещать в оконном проеме на глубину обрамляющей «четверти» (50-250 мм) от плоскости фасада теплотехнически однородной стены или посередине теплоизоляцион-

ного слоя в многослойных конструкциях стен. Размещение оконного блока и балконной двери по толщине стены рекомендуется проверять по расчету температурных полей из условия невыпадения конденсата на внутренней поверхности откосов проема. Монтажные швы в узлах примыкания оконного блока к стеновому проему следует выполнять согласно ГОСТ 30971. Оконные блоки следует закреплять на более прочном слое стены.

При выборе окон и балконных дверей следует отдавать предпочтение конструкциям, имеющим по ширине не менее 90 мм коробки. Рекомендуемая ширина коробки 100-120 мм.

1.4.3.3. Заполнение зазоров в примыканиях окон и балконных дверей к конструкциям наружных стен рекомендуется проектировать с применением вспенивающихся синтетических материалов. Все притворы окон и балконных дверей должны содержать уплотнительные прокладки (не менее двух) из морозостойких полимерных материалов или резины. Установку стекол следует производить с применением силиконовых мастик.

Допускается применение двухслойного остекления вместо трехслойного для окон и балконных дверей, выходящих внутрь остекленных лоджий.

1.4.3.4. С целью организации требуемого воздухообмена следует предусматривать форточки в верхней части окон, специальные приточные отверстия (клапаны) в ограждающих конструкциях, щелевые приточные устройства в переплетах окон или рамах, воздухопроницаемые притворы. Все воздухоприточные устройства должны быть регулируемы.

1.4.3.5. Заполнение светопроемов в мансардных конструкциях выполняют в двух вариантах:

- в плоскости покрытия - оконными блоками по ГОСТ 30734;
- устройством люкарен, в которых вертикально монтируют оконные блоки из ПВХ и в деревянных переплетах.

1.4.3.6. При устройстве мансардных окон следует предусматри-

вать надежную в эксплуатации гидроизоляцию примыкания кровли к оконному блоку. Плоскости откосов наклонных светопроемов в мансардных этажах следует проектировать под углом 135° к поверхности остекления.

1.4.3.7. В зависимости от назначения зенитные фонари выполняют глухими и открывающимися. В глухих фонарях надежнее выполняется примыкание светопропускающего заполнения к опорному стакану. Открывающиеся зенитные фонари предназначены для вентиляции помещений, а также для дымоудаления во время пожара.

1.4.3.8. Общими элементами зенитных фонарей, применяемых в общественных зданиях, являются светопропускающее заполнение, опорный стакан, механизмы открывания. Светопропускающее заполнение может быть выполнено в виде многослойных куполов и оболочек из органического и силикатного стекла, стеклопакетов. Опорные стаканы изготавливают из листовой стали, холодногнутых и стальных профилей, а также из железобетона, керамзитобетона, асбестоцемента и других материалов и утепляют эффективными теплоизоляционными материалами. Стаканы устанавливают по периметру светопроемов в покрытиях зданий. Открываемые зенитные фонари, используемые для дымоудаления, должны иметь автоматическое и дистанционное управление.

1.4.3.9. Элементы светопропускающего заполнения закрепляют в конструкции фонаря через упругие прокладки из листовой резины, резиновых профилей, пороизола, гернита, а места примыкания герметизируют специальными герметиками.

2. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ И АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ

2.1. При градостроительном решении застройки эффект энергосбережения достигается оптимальным сочетанием планировочной организации территории, объемно-пространственных решений с применением для застройки энергоэффективных жилых и общественных зданий.

2.2. Комплекс взаимосвязанных энергосберегающих градостроительных мероприятий включает в себя:

- компактность комплексной застройки микрорайонов (кварталов) за счет повышения плотности застройки, основными показателями которой являются коэффициент застройки микрорайона (квартала, земельного участка) и коэффициент плотности застройки микрорайона (квартала, земельного участка);

- организация планировочной структуры микрорайонов (кварталов) из полузамкнутых жилых групп, открытых на южную сторону горизонта и сформированных из энергоэффективных жилых зданий;

- применение при формировании жилых групп ветрозащитной застройки для уменьшения инфильтрационных теплопотерь от ветрового воздействия;

- применение блокировки зданий, позволяющей существенно снизить их теплопотери;

- оптимизация размещения сети учреждений обслуживания в виде компактных общественных, торговых, спортивно-оздоровительных, культурно-развлекательных и других центров различного уровня обслуживания;

- комплексное освоение подземного пространства для размещения транспортных и пешеходных сооружений, автостоянок и гаражей, предприятий торговли, общественного питания, зрелищных и спортивных сооружений, объектов складского хозяйства, объектов

промышленного назначения и энергетики, сооружений и сетей инженерно-технического обеспечения и других объектов, не требующих естественного освещения;

- применение для застройки жилых зданий с плоскими эксплуатируемыми крышами, что позволяет повысить плотность застройки за счет освободившихся территорий;

- реконструирование застройки существующих микрорайонов (кварталов) с целью ликвидации сквозных ветрообразующих пространств (аэродинамических труб) и организации замкнутых или полузамкнутых пространств;

- учет экологических условий и климатических параметров (температуры и влажности воздуха, повторяемости и скорости ветра, солнечной радиации и светового климата) при разработке проектов планировки или при выборе земельного участка, для строительства жилых и общественных зданий.

2.3. Архитектурно-планировочные и объемно-пространственные решения зданий должны быть направлены на повышение их энергоэффективности.

2.4. Основными архитектурно-планировочными и объемно-пространственными решениями, направленными на энергосбережение, являются:

- выбор оптимальной формы зданий, характеризующейся пониженным коэффициентом компактности и обеспечивающей минимальные теплотери в зимний период и минимальные тепlopоступления в летний период года;

- выбор оптимальной ориентации зданий по сторонам света с учетом господствующего направления ветра в зимний период с целью нейтрализации отрицательного воздействия климата на здания и его тепловой баланс;

- применение ветрозащитных зданий в форме обтекаемой дуги с радиусом кривизны не менее шести высот здания или в виде

обтекаемой скобки (с углами поворота не менее двух) при разных диапазонах румбов ветра;

- совершенствование архитектурно-планировочных решений жилых зданий с широким корпусом, позволяющих значительно снизить теплопотери;

- сокращение площади наружных ограждающих конструкций путем уменьшения периметра наружных стен за счет отказа от изрезанности фасадов, выступов, западов и т. п. «архитектурных проемов»;

- устройство мансардных этажей на существующих зданиях из легких ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными свойствами;

- максимальное остекление южных фасадов и минимальное остекление северных фасадов зданий;

- применение светопрозрачных наружных ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными характеристиками и оборудованных вентиляционными клапанами;

- установка дополнительных тамбуров при входах в здание;

- установка доводчиков входных дверей;

- максимальное использование естественного освещения помещений для снижения затрат электрической энергии;

- эффективное использование площади и объема здания, четкая функциональная связь помещений без излишних коридоров, холлов и темных помещений.

2.5. Показатель компактности здания определяется на стадии проектирования по формуле:

$$k_e^{\text{des}} = \frac{A_e^{\text{sum}}}{V_h}, \quad (2)$$

где A_e^{sum} – общая площадь наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и перекрытие пола нижнего отапливаемого помещения, м^2 ;

V_h – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания, m^3 .

2.6. Расчетный показатель компактности k_e^{des} для зданий жилых, административных, поликлиник, лечебных учреждений, домов-интернатов и дошкольных учреждений, как правило, не должен превышать следующих значений:

- 0,25 для зданий 16 этажей и выше;
- 0,29 для зданий от 10 до 15 этажей включительно;
- 0,32 для зданий от 6 до 9 этажей включительно;
- 0,36 для 5-этажных зданий;
- 0,43 для 4-этажных зданий;
- 0,54 для 3-этажных зданий;
- 0,61; 0,54; 0,46 для двух-, трех- и четырехэтажных блокированных и секционных домов соответственно;
- 0,9 для двухэтажных домов и одноэтажных домов с мансардой;
- 1,1 для одноэтажных домов.

3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1.1. В соответствии с требованиями СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» (п. 5.1) нормами установлены **три показателя тепловой защиты:**

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;

б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций.

Требования тепловой защиты здания считаются выполненными (п. 5.1 СНиП 23-02), если в жилых и общественных зданиях будут соблюдены требования показателей «а» и «б» (поэлементное требование) либо «б» и «в» (комплексное требование).

3.1.2. В соответствии с п. 5.13 СНиП 23-02-2003 в случае, когда в результате расчета удельный расход тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} окажется меньше нормируемого q_h^{req} , допускается уменьшение сопротивления теплопередаче R_o^{req} отдельных элементов ограждающих конструкций жилых и общественных зданий, но не ниже минимально допустимых величин R_{min} , определяемых

- для стен по формуле (8) СНиП 23-02:

$$R_{min} = 0.63 \cdot R_o^{req}; \quad (3)$$

для остальных ограждающих конструкций по формуле (9) СНиП 23-02:

$$R_{min} = 0.8 \cdot R_o^{req}. \quad (4)$$

3.1.3. Выбор конструктивных решений различных типов ограждающих конструкций здания, обеспечивающих необходимый уровень тепловой защиты, рекомендуется осуществлять в соответствии с п. 1.4.

3.2. СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ЭЛЕМЕНТОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

3.2.1. Требование к уровню тепловой защиты ограждающих конструкций здания считается выполненными при удовлетворении следующего условия:

$$R_o^r \geq R_o^{req}, \quad (5)$$

где R_o^r - приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций здания [$\text{м}^2 \text{°C/Вт}$], определяемое в соответствии с методикой, изложенной в п. 4.1.1 настоящего Пособия;

R_o^{req} - нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [$\text{м}^2 \text{°C/Вт}$].

3.2.2. Нормируемое значение сопротивления теплопередаче для элементов ограждающих конструкций жилых и общественных зданий R_o^{req} устанавливается в зависимости от градусо-суток отопительного периода (далее по тексту, - ГСОП) по следующей зависимости:

$$R_o^{req} = a \cdot D_d + b, \quad (6)$$

где a , b – коэффициенты, численные значения которых приведены в таблице 4 настоящего руководства;

D_d – градусо-сутки отопительного периода, определяемые для соответствующей группы зданий по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot Z_{ht}, \quad (7)$$

где t_{int} - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания [$^{\circ}\text{C}$], принимаемая для расчета ограждающих конструкций жилых зданий - по минимальным значениям оптимальной температуры

(в интервале от 20 до 22 °С), для общественных зданий - согласно классификации помещений и минимальных значений оптимальной температуры по ГОСТ 30494 (в интервале от 16 до 21 °С);

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

3.2.3. Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилых и общественных зданий приведены в табл. 9 (табл. 4 СНиП 23-02).

Таблица 9

**Нормируемые значения сопротивления теплопередаче
ограждающих конструкций**

Здания и помещения	ГСОП °С·сут	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче R_o^{req} , [м ² ·°С/Вт], ограждающих конструкций				
		Стен	Покры- тий и пере- крытий над прое- здами	Перекрытий чердачных, над неотап- ливаемыми подпольями и подвала- ми	Окон и балкон- ных дверей, витрин и вит- ражей	Фонарей с верти- кальным остекле- нием
1	2	3	4	5	6	7
1. Жилые, ле- чебные и дет- ские учреж- дения, шко- лы, интерна- ты, гостини- цы и общежи- тия	2000	2,1	3,2	2,8	0,30	0,30
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,60	0,40
	8000	4,2	6,2	5,5	0,70	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,50
	12000	5,6	8,2	7,3	0,80	0,55
α	-	0,00035	0,0005	0,00045	-	0,000025
b	-	1,4	2,2	1,9	-	0,25

Окончание табл. 9

1	2	3	4	5	6	7
2. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,30
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,40
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,50
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
α	-	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
b	-	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25

Примечания:

1. Для величин градусо-суток D_d , отличающихся от указанных в табл. 9, значения R_o^{req} следует определять по формуле (6).

2. Коэффициенты α , b в графе 6 для группы зданий в поз. 1 для интервала ГСОП до 6000 °С·сут: $\alpha = 0,000075$, $b = 0,15$; для интервала 6000÷8000 °С·сут: $\alpha = 0,00005$, $b = 0,3$; для интервала 8000 °С·сут и более: $\alpha = 0,000025$, $b = 0,5$.

3. Для группы зданий в поз. 1 нормируемые значения сопротивления теплопередаче перекрытий над лестничной клеткой и теплым чердаком, а также над проездами, если перекрытия являются полом технического этажа, следует принимать как для группы зданий в поз. 2.

3.2.4 Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше требуемого приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций.

3.2.5. Для наружных стен чердака, чердачных перекрытий теплых чердаков и цокольных перекрытий над подвалами с температурой воздуха в них t_c большей t_{ext} , но меньшей t_{int} численные значения требуемых сопротивлений теплопередаче, определенных по табл. 9, следует умножать на коэффициент n , определяемый по формуле:

$$n = \frac{t_{int} - t_c}{t_{int} - t_{ext}} \quad (8)$$

где t_{int} , t_{ext} – соответственно температура внутреннего и наружного воздуха, определяемые в соответствии с требованиями п. 1.2 настоящего Пособия.

3.2.6. Расчетную температуру воздуха в теплом чердаке, теплом подвале, остекленной лоджии и балконе t_c следует определять на основе расчета теплового баланса.

3.2.7. Применительно к климатическим условиям г. Санкт-Петербурга нормируемые значения сопротивлений теплопередаче R_o^{req} ограждающих конструкций жилых и общественных зданий, рассчитанные по формулам (6) и (7) Пособия, приведены в табл. 10.

Таблица 10

**Нормируемые значения сопротивления теплопередаче
ограждающих конструкций применительно
к климатическим условиям г. Санкт-Петербурга**

Здания и помещения	ГСОП	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче R_o^{req} , [$m^2 \cdot ^\circ C / Bt$], ограждающих конструкций				
		Стен	Покров- тий и пере- крытий над проез- дами	Перекры- тий чер- дачных, над неотапли- ваемыми подпольями и подвала- ми	Окон и балкон- ных две- рей, вит- рин и витражей	Фонарей с верти- кальным остекле- нием
1	2	3	4	5	6	7
1. Жилые, гостиницы и общежития	4796	3,08	4,60	4,06	0,51	0,37
2. Поликли- ники и ле- чебные уч- реждения, школы, дома- интернаты	5234	3,23	4,82	4,26	0,54	0,38
3. Дошколь- ные учреж- дения	5473	3,32	4,94	4,36	0,56	0,39

Окончание табл. 10

1	2	3	4	5	6	7
4. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые ($t_{\text{int}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)	4796	2,64	3,52	2,98	0,44	0,37
5. Общественные, кроме указанных выше ($t_{\text{int}} = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$)	4576	2,57	3,43	2,90	0,43	0,36
6. Общественные, кроме указанных выше ($t_{\text{int}} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$)	4356	2,51	3,34	2,83	0,42	0,36
7. Общественные, кроме указанных выше ($t_{\text{int}} = 17\text{ }^{\circ}\text{C}$)	4136	2,44	3,25	2,75	0,41	0,35
8. Общественные, кроме указанных выше ($t_{\text{int}} = 16\text{ }^{\circ}\text{C}$)	3916	2,38	3,17	2,67	0,40	0,35

Пример 1. Требуется определить нормируемое значение сопротивления теплопередаче R_0^{req} стен жилого здания, проектируемого в г. Санкт-Петербург.

Исходные данные:

- расчетная средняя температура внутреннего воздуха в жилых помещениях здания $t_{\text{int}} = 20^{\circ}\text{C}$ (по табл. 1 ГОСТ 30494);

- средняя за отопительный период температура наружного воздуха для климатических условий г. Санкт-Петербурга $t_{ht} = -1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (по табл. 1* СНиП 23-01);

- продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 220$ сут (по табл. 1* СНиП 23-01).

Определение нормируемого сопротивления теплопередаче стен:

1. Определяем ГСОП:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (20 - (-1,8)) \cdot 220 = 4796\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}.$$

2. Определяем нормируемое сопротивление теплопередаче стен жилого здания R_o^{req} :

$$R_o^{req} = \alpha \cdot D_d + b = 0,00035 \cdot 4796 + 1,4 = 3,08\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{Вт}.$$

Пример 2. Требуется определить нормируемое значение сопротивления теплопередаче R_o^{req} стен здания поликлиники, проектируемой в г. Санкт-Петербург.

Исходные данные:

- расчетная средняя температура внутреннего воздуха в помещениях здания поликлиники $t_{int} = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ (по табл. 2 ГОСТ 30494);

- средняя за отопительный период температура наружного воздуха для климатических условий г. Санкт-Петербурга $t_{ht} = -0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (по табл. 1* СНиП 23-01);

- продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 239$ сут (по табл. 1* СНиП 23-01).

Определение нормируемого сопротивления теплопередаче стен:

1. Определяем ГСОП:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (21 - (-0,9)) \cdot 239 = 5234\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}.$$

2. Определяем нормируемое сопротивление теплопередаче стен жилого здания R_o^{req} :

$$R_o^{req} = \alpha \cdot D_d + b = 0,00035 \cdot 5234 + 1,4 = 3,23\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{Вт}.$$

3.3. ОГРАНИЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И НЕДОПУЩЕНИЕ КОНДЕНСАЦИИ ВЛАГИ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

3.3.1. Санитарно-гигиеническое требование считается выполненным в случае удовлетворения следующего условия:

$$\Delta t_o \leq \Delta t_n, \quad (9)$$

где Δt_o – расчетный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха t_{int} и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции τ_{int} , °С;

Δt_n – нормируемое значение температурного перепада между температурой внутреннего воздуха t_{int} и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции τ_{int} , °С, численные значения которого приведены в табл. 11.

Таблица 11

Нормируемый температурный перепад Δt_n между температурой внутреннего воздуха t_{int} и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции τ_{int}

№ п/п	Здания и помещения	Требуемый температурный перепад Δt_n , °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	3,0	3,0	2,0	$t_{int} - t_d$
2	Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным и мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_{int} - t_d$

3.3.2. Расчетный температурный перепад Δt_o определяется по формуле:

$$\Delta t_o = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\alpha_{int} \cdot R_o^r}, \quad (10)$$

где n – коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, определяемый по табл. 12;

t_{int} , t_{ext} – то же, что и в формуле (8);

R_o^r – приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций,
 $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый по табл. 13.

Таблица 12

Численные значения коэффициента n , учитывающего зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху

№ п/п	Ограждающие конструкции	Коэффициент n
1	Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), зенитные фонари, перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной климатической зоне	1
2	Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной климатической зоне	0,9
3	Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75

Окончание табл. 12

№ п/п	Ограждающие конструкции	Коэффициент n
4	Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5	Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4
Примечание: Для чердачных перекрытий теплых чердаков и цокольных перекрытий над подвалами с температурой воздуха в них t_c большей t_{ext} , но меньшей t_{int} коэффициент n следует определять по формуле (8)		

Таблица 13

**Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности
ограждающей конструкции α_{int}**

№ п/п	Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи α_{int} , Вт / м ² ·°С
1	Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию α между гранями соседних ребер: $(h/\alpha) \leq 0,3$	8,7
2	Потолков с выступающими ребрами при отношении $(h/\alpha) > 0,3$	7,6
3	Окон	8,0
4	Зенитных фонарей	9,9

3.3.3. Температура внутренней поверхности светопрозрачных элементов остекления окон зданий должна быть не ниже плюс 3 °С, а непрозрачных элементов окон - не ниже температуры точки росы при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период года.

3.3.4. Для жилых и общественных зданий численные значения точки росы t_d приведены в табл. 5.

Примечание: Относительную влажность внутреннего воздуха ϕ_{int} для определения численного значения точки росы в местах теплопроводных

включений ограждающих конструкций, в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей 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 помещений кухонь – 60 %;
- для ванных комнат – 65 %;
- для теплых подвалов и подполий с коммуникациями – 75 %;
- для теплых чердаков жилых зданий – 55 %;
- для помещений общественных зданий (кроме указанных выше) – 50 %.

3.3.5. Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции (за исключением вертикальных светопрозрачных конструкций) в зоне теплопроводных включений (диафрагм, сквозных швов из раствора, стыков панелей, ребер, шпонок и гибких связей в многослойных панелях, жестких связей облегченной кладки и др.), в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей должна быть не ниже точки росы внутреннего воздуха t_d при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период года. Оценка температурного режима в узлах сопряжения ограждающих конструкций друг к другу выполняется по программе расчета двумерных температурных полей. Примеры расчетов приведены ниже.

Пример расчета температурного режима узлов сопряжения наружной стены с оконным блоком из ПВХ-профилей

Необходимо провести оценку температурного режима узлов сопряжения наружной стены с оконным блоком из ПВХ-профилей.

Исходные данные:

- район строительства – г. Санкт-Петербург;
- назначение здания – жилое;
- конструктивное решение оконного блока – из ПВХ-профилей «VEKA» серии «SOFTLINE 70» с двухкамерными стеклопакетами из обычного стекла толщиной 36 мм – ОП ОСП 15-15 ПОЛ

ГОСТ 30674-99; заполнение межстекольного пространства стеклопакетов – осушенный воздух;

- расчетная температура внутреннего воздуха – $t_{\text{int}} = + 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- расчетная относительная влажность внутреннего воздуха - $\varphi_{\text{int}} = 55 \text{ } \%$;
- температура «точки росы» - $t_d = 10,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- расчетная температура наружного воздуха – $t_{\text{ext}} = -26 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- влажностный режим помещений – нормальный;
- зона влажности – влажная;
- условия эксплуатации «Б».

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности материалов:

- железобетон $\gamma_o = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- пенополистирол, $\gamma_o = 40 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_B = 0,05 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- монтажная пена, $\gamma_o = 30\text{-}40 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_B = 0,040 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- твердый ПВХ, $\lambda_B = \lambda_A = 0,17 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- сталь, $\gamma_o = 7850 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_B = 58,0 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- саморасширяющаяся уплотнительная лента, $\lambda_B = 0,05 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- стекло оконное, $\gamma_o = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_B = \lambda_A = 0,76 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- цементно-песчаный раствор $\gamma_o = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$.

Граничные условия:

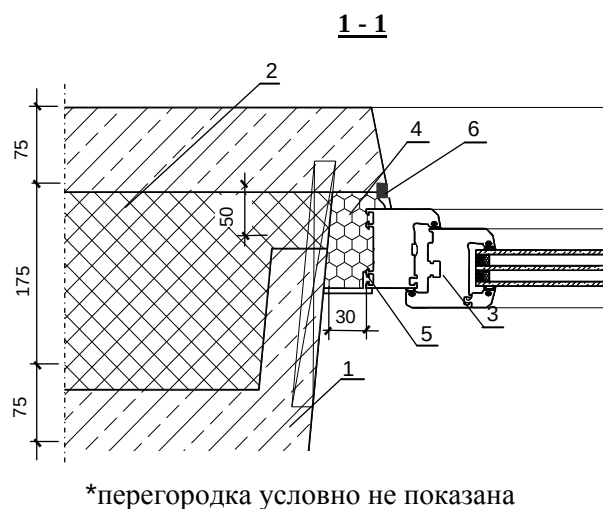
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности стены и оконных откосов $\alpha_{\text{int}}^W = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности стены оконного блока $\alpha_{\text{int}}^F = 8,0 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- коэффициент теплоотдачи наружной поверхности стены и оконных блоков $\alpha_{\text{ext}} = 23 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$.

Выбор расчетной области и задание граничных условий

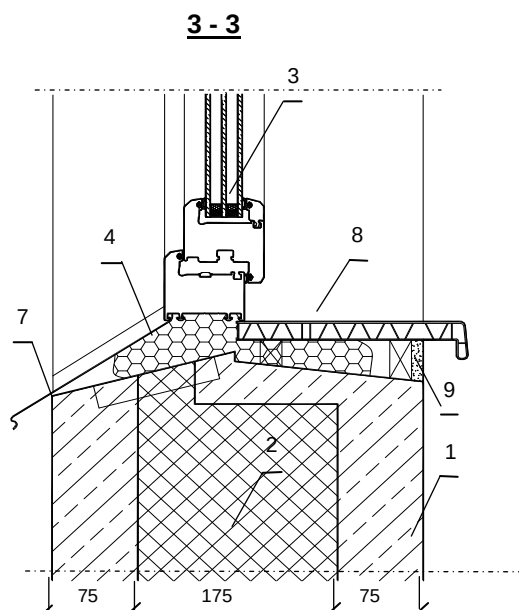
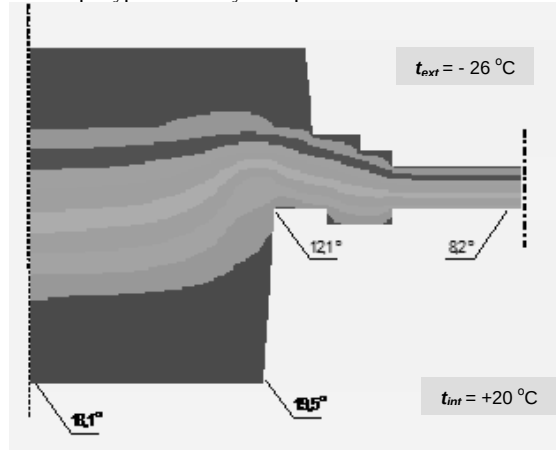
Расчетные области узлов примыканий приняты:

- для горизонтального сечения - по осям симметрии оконного блока и простенков наружной стены;
- для сечения по подоконному узлу - по осям симметрии оконного блока и плиты перекрытия нижележащего этажа.

Расчетные схемы и схемы задания граничных условий представлены на рис. 1.



Температурное поле узла примыкания по сечению 1-1



Температурное поле узла примыкания по сечению 3-3

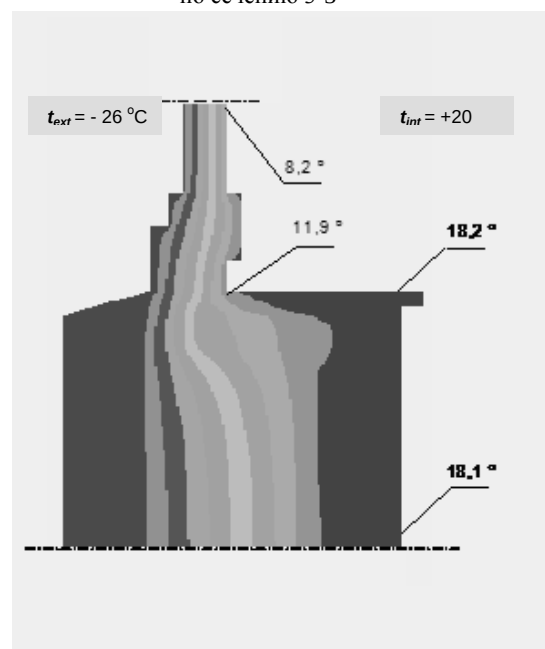


Рис. 1. Расчетные схемы и результаты расчета распределения температур по узлам сопряжения оконного блока из ПВХ-профилей к стеновой панели серии ПЗм: 1 – железобетон; 2 – пенополистирол; 3 – оконный блок; 4 – монтажная пена; 5 – нащельник из ПВХ; 6 – уплотнительная саморасширяющаяся лента; 7- оконный слив; 8 – подоконник; 9 – цементно-песчаный раствор

Расчет температурного режима

Расчет узлов примыкания оконного блока к наружной стене жилого здания выполнен по программе расчета двумерных температурных полей ограждающих конструкций зданий.

Минимальный шаг разбиения отдельных элементов – 1 мм.

Результаты расчетов

Результаты расчетов представлены на рис. 1 в виде поля изотерм с указанием минимальных температур внутренней поверхности.

Анализ результатов позволяет сделать вывод, что рассчитанное конструктивное решение обеспечивает поддержание температуры внутренней поверхности узлов примыканий оконного блока к наружной стене по всем сечениям существенно выше температуры «точки росы».

Минимальная температура внутренней поверхности наблюдается в зоне сопряжения подоконника из ПВХ с оконной коробкой и составляет $t_{\min} = + 11,9 \text{ }^{\circ}\text{C} > t_d = 10,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Дополнительных мероприятий по утеплению узлов примыканий оконного блока к наружной стене не требуется.

Пример расчета температурного режима узла сопряжения наружных стен с чердачным перекрытием

Провести оценку температурного режима узла сопряжения выступающего угла наружных стен с чердачным перекрытием многоэтажного жилого дома.

Конструктивное решение наружных стен – двухслойные, с наружным облицовочным слоем из кирпичной кладки плотностью 1800 кг/м^3 толщиной 120 мм и внутренним теплоизоляционным слоем (кладка из блоков ячеистого бетона плотностью 400 кг/м^3) толщиной 510 мм (рис. 2). Утеплитель чердачного перекрытия – пенополистирол толщиной 150 мм.

Исходные данные:

- район строительства – г. Санкт-Петербург;
- назначение здания – жилое;

- расчетная температура внутреннего воздуха - $t_{\text{int}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- расчетная температура воздуха в теплом чердаке - $t_{\text{int}}^{\text{г}} = +15 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- зона влажности – влажная;
- влажностный режим помещений здания – нормальный;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций – «Б»;
- расчетная относительная влажность внутреннего воздуха - $\varphi_{\text{int}} = 55 \text{ \%}$;
- температура «точки росы» - $t_d = 11,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Теплотехнические характеристики материалов:

- цементно-песчаный раствор $\gamma_o = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}} = 0,76 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- кирпичная кладка из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе $\gamma_o = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}} = 0,70 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- кладка из блоков из ячеистого бетона плотностью $\gamma_o = 400 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}} = 0,16 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- железобетон $\gamma_o = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}} = 1,92 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- пенополистирол $\gamma_o = 40 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}} = 0,041 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$.
- расчетный коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности стен и перекрытия жилого помещения и чердака - $\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- расчетный коэффициент теплоотдачи наружной поверхности стен - $\alpha_{\text{ext}} = 23 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$.

Расчетная схема узла сопряжений конструкций и схема задания граничных условий представлены на рис. 2.

Расчет температурного режима узла сопряжений ограждающих конструкций выполнен по программе расчета трехмерных температурных полей.

Результаты расчетов в виде распределения температур по внутренней поверхности и отдельным сечениям конструкции представлены на рис. 3.

По результатам расчетов минимальная температура внутренней поверхности наблюдается в зоне сопряжения наружного угла с плитой чердачного перекрытия и составляет $\tau_{\text{min}} = 4,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, что существенно ниже температуры точки росы $t_d = 11,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

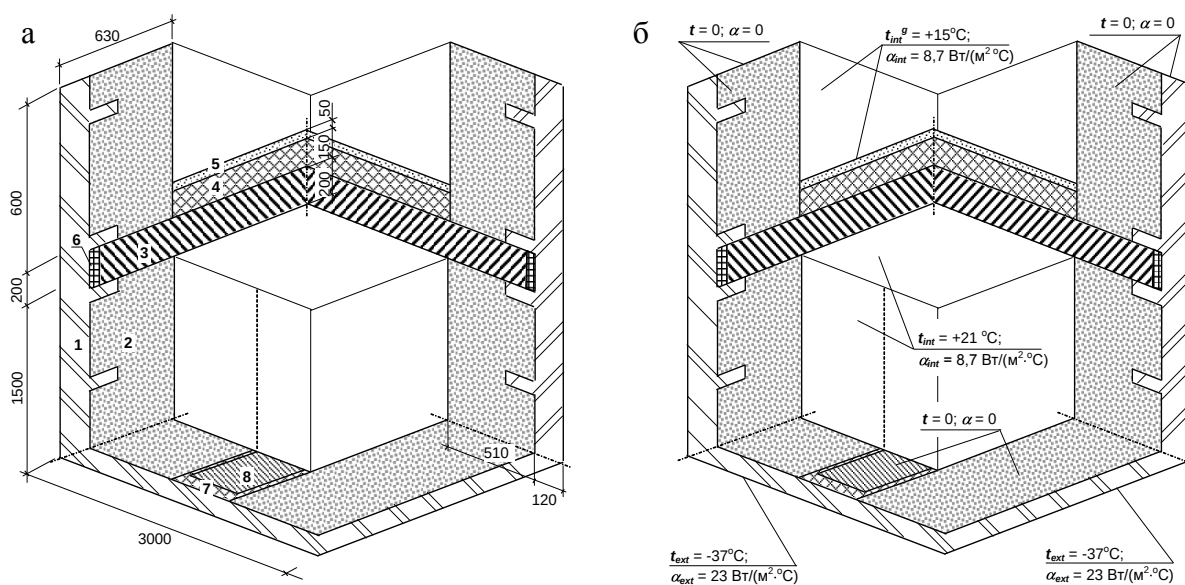


Рис. 2. Расчетная схема (а) и схема задания граничных условий (б) узла сопряжения наружного выступающего угла с конструкцией чердачного перекрытия «теплого» чердака жилого здания: 1 – кладка из облицовочного кирпича; 2 – кладка из блоков ячеистого бетона; 3 – ж/б монолитное перекрытие; 4 – пенополистирол; 5 – цементно-песчаная стяжка; 6 – пенополистирольный вкладыш размерами 400×50×200(н) с шагом 100 мм; 7 – пенополистирольный термовкладыш на всю высоту колонны; 8 – ж/б колонна

Данное понижение температуры обусловлено геометрической формой угла (площадь тепловосприятия меньше чем площадь теплоотдачи), повышенным стоком тепла по вертикальной колонне каркаса и плите перекрытия (термовкладыши в зоне сопряжения плиты перекрытия с колонной отсутствуют).

Для улучшения температурного режима данного узла предлагается увеличение толщины стены в углу помещения - в виде откоса размерами 400×400 мм – из ячеистого бетона. Результаты расчета температурного режима данного узла при устройстве откоса представлены на рис. 4.

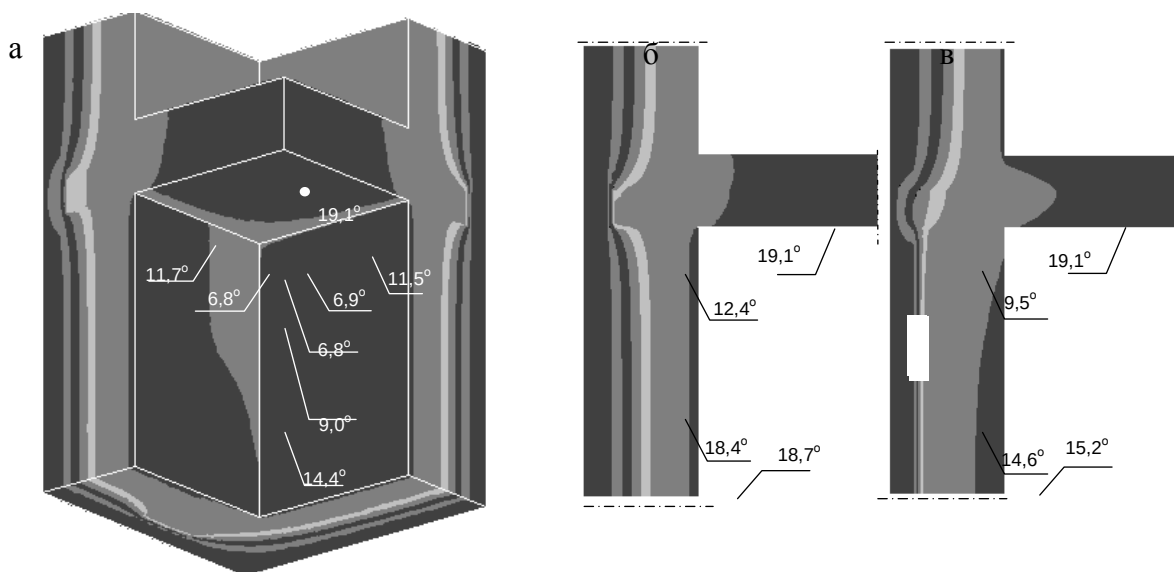


Рис. 3. Результаты расчета температурного поля узла сопряжения наружных стен с чердачным перекрытием: *а* – общий вид распределения температур по внутренней поверхности конструкций; *б* – вертикальное сечение по стене; *в* – вертикальное сечение по колонне

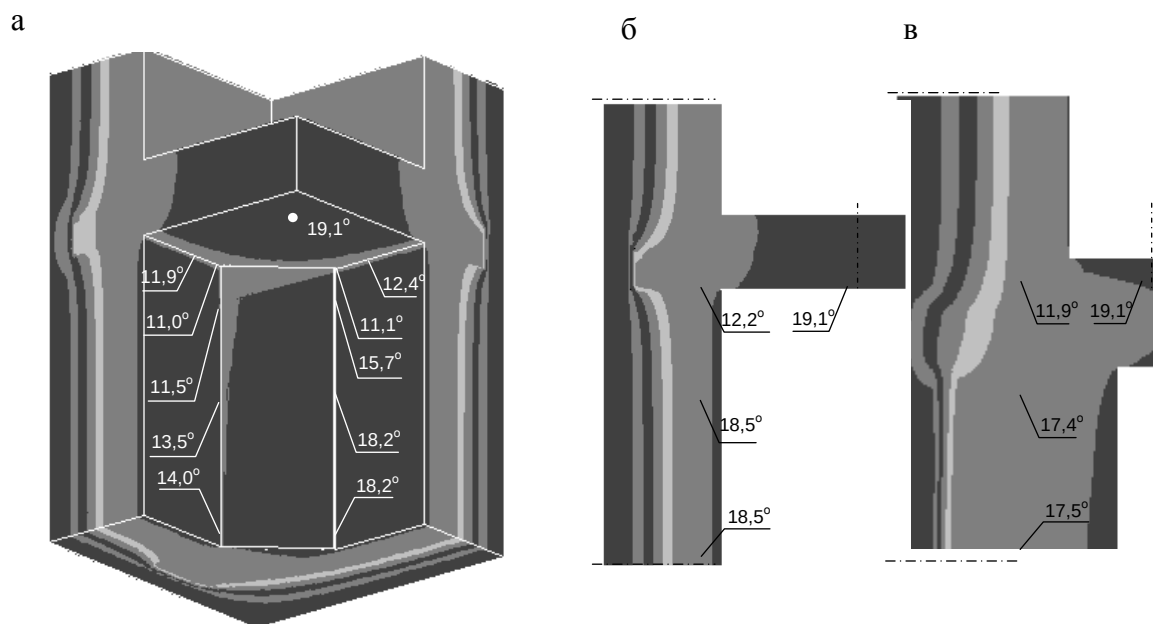


Рис. 4. Результаты расчета температурного поля узла сопряжения наружных стен с чердачным перекрытием при устройстве в углу откоса из ячеистого бетона размерами 400×400 мм: *а* – общий вид распределения температур по внутренней поверхности конструкций; *б* – вертикальное сечение по стене; *в* – вертикальное сечение по колонне

3.4. УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЮ ЗДАНИЯ ЗА ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД. ПОКАЗАТЕЛЬ «В» ТРЕБОВАНИЙ

3.4.1. Требование удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию для зданий считается выполненным при удовлетворении следующего условия:

$$q_h^{\text{des}} \leq q_h^{\text{req}}, \quad (11)$$

где q_h^{des} - расчетный удельный (на 1 м² отапливаемой площади пола квартир или полезной площади помещений, кДж/(м²·°С·сут, или на 1 м³ отапливаемого объема, кДж/(м³·°С·сут) расход тепловой энергии на отопление здания, определяемый путем выбора теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания, объемно-планировочных решений, ориентации здания и его типа, эффективности и метода регулирования используемой системы отопления;

q_h^{req} - требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания, определяемый для различных типов жилых и общественных зданий по табл. 2 или 3 настоящего Пособия.

3.4.2. Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период q_h^{des} (кДж/(м²·°С·сут или [кДж/(м³·°С·сут)]) следует определять по формуле:

$$q_h^{\text{des}} = \frac{10^3 \cdot Q_h^y}{A_h \cdot D_d} \quad (12)$$

или

$$q_h^{\text{des}} = \frac{10^3 \cdot Q_h^y}{V_h \cdot D_d},$$

где Q_h^y - расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода [МДж];

A_h - сумма площадей пола квартир или полезной площади

помещений здания, за исключением технических этажей и гаражей [м²];

V_h – то же, что и в формуле (2) [м³];

D_d – то же, что и в формуле (7) [°C·сут].

3.4.3. Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания в течение отопительного периода Q_h^y [МДж] следует определять по формуле:

$$Q_h^y = Q_h - Q_{int} + Q_s \cdot v \cdot \xi \cdot \beta_h, \quad (13)$$

где Q_h – общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции [МДж], определяемые по п. 3.4.4;

Q_{int} – бытовые теплопоступления в течение отопительного периода [МДж], определяемые по п. 3.4.7;

Q_s – теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода [МДж], определяемые по п. 3.4.8;

v – коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемое значение $v = 0,8$;

ξ – коэффициент, учитывающий снижение теплопоступлений, в том числе за счет 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;
- $\xi = 0,9$ – в 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).

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

- $\beta_h = 1,13$ – для протяженных зданий, в том числе многосекционных;
- $\beta_h = 1,11$ – для зданий башенного типа;
- $\beta_h = 1,07$ – для зданий с отапливаемыми подвалами;
- $\beta_h = 1,05$ – для зданий с отапливаемыми чердаками, а также с квартирными генераторами теплоты.

3.4.4. Общие теплотери здания Q_h [МДж] за отопительный период следует определять по формуле:

$$Q_h = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_e^{\text{sum}}, \quad (14)$$

где K_m - общий коэффициент теплопередачи здания [Вт/(м²·°C)], определяемый по формуле:

$$K_m = K_m^{\text{tr}} + K_m^{\text{inf}}, \quad (15)$$

K_m^{tr} - приведенный коэффициент теплопередачи через наружные ограждающие конструкции здания [Вт/(м²·°C)], определяемый по формуле:

$$K_m^{tr} = \frac{\left(\frac{A_w}{R_w^r} + \frac{A_F}{R_F^r} + \frac{A_{ed}}{R_{ed}^r} + \frac{A_c}{R_c^r} + n \cdot \frac{A_{C1}}{R_{C1}^r} + n \cdot \frac{A_f}{R_f^r} + \frac{A_{f1}}{R_{f1}^r} \right)}{A_e^{sum}}, \quad (16)$$

A_w, R_w^r - соответственно площадь $[м^2]$ и приведенное сопротивление теплопередаче $[м^2 \cdot ^\circ C / Вт]$ наружных стен (за исключением проемов);

A_F, R_F^r - то же, заполнения светопроемов (окон, витражей, фонарей);

A_{ed}, R_{ed}^r - то же, наружных дверей и ворот;

A_c, R_c^r - то же, совмещенных покрытий (в том числе над эркерами);

A_{C1}, R_{C1}^r - то же, чердачных перекрытий;

A_f, R_f^r - то же, цокольных перекрытий;

A_{f1}, R_{f1}^r - то же, перекрытий над проездами и под эркерами.

При проектировании полов по грунту или отапливаемых подвалов вместо A_f и R_f^r перекрытий над цокольным этажом в формуле (15) подставляют площади A_f и приведенные сопротивления теплопередаче R_f^r стен, контактирующих с грунтом, а полы по грунту разделяют по зонам согласно п. 4.6 настоящего Пособия и определяют соответствующие A_f и R_f^r ;

n – то же, что и в формуле (10);

D_d - то же, что и в формуле (6) $[^\circ C \cdot сут]$;

A_e^{sum} - то же, что и в формуле (2) $[м^2]$;

K_m^{inf} - условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции $[Вт / (м^2 \cdot ^\circ C)]$, определяемый по формуле:

$$K_m^{inf} = 0,28 \cdot c \cdot n_\alpha \cdot \beta_v \cdot V_h \cdot \rho_\alpha^{ht} \cdot k / A_e^{sum}, \quad (17)$$

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

n_α - средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период $[\text{ч}^{-1}]$, определяемая по п. 3.4.5;

β_v - коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций, определяемый по архитектурно-строительным чертежам здания, а при отсутствии данных принимаемый $\beta_v = 0,85$;

V_h - то же, что и в формуле (2) $[\text{м}^3]$;

ρ_α^{ht} - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, принимаемая для климатических условий г. Санкт-Петербурга равной $1,3 \text{ кг}/\text{м}^3$.

A_e^{sum} - то же, что и в формуле (2) $[\text{м}^2]$.

3.4.5. Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период n_α $[\text{ч}^{-1}]$ рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле:

$$n_\alpha = \frac{\left[L_v \cdot n_v / 168 + G_{\text{inf}} \cdot k \cdot n_{\text{inf}} / 168 \cdot \rho_\alpha^{\text{ht}} \right]}{\beta_v \cdot V_h}, \quad (18)$$

где L_v – количество приточного воздуха в здание $[\text{м}^3/\text{ч}]$, принимаемое при механической (принудительной) вентиляции вне зависимости от назначения здания согласно расчета, а при неорганизованном притоке (естественной вентиляции) равное для:

а) жилых зданий, предназначенных гражданам с учетом социальной нормы (с расчетной заселенностью квартиры 20 м^2 общей площади и менее на человека) - $L_v = 3 \cdot A_\ell$;

б) других жилых зданий (с расчетной заселенностью квартиры более 20 м^2 общей площади на человека) - $L_v = 0,35 \cdot 3 \cdot A_\ell$, но не менее $30 \cdot m$ (где m – расчетное число жителей в здании);

в) общественных и административных зданий принимают ус-

ловно для офисов и объектов сервисного обслуживания - $4 \cdot A_{\ell}$, для учреждений здравоохранения и образования - $5 \cdot A_{\ell}$, для спортивных, зрелищных и детских дошкольных учреждений - $6 \cdot A_{\ell}$;

A_{ℓ} - для **жилых зданий** - площадь жилых помещений; для **общественных зданий** – расчетная площадь, определяемая согласно СНиП 31-05 как сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, проходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов, а также помещений, предназначенных для размещения инженерного оборудования и сетей [м^2];

n_v – число часов работы механической (принудительной) вентиляции в течение недели;

168 – число часов в неделе;

G_{inf} – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции [кг/ч], принимаемое для:

- **жилых зданий** – воздуха, поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода, определяемое согласно п. 5.4.6 Пособия;

- **общественных зданий** – воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей (допускается в нерабочее время принимать $G_{\text{inf}} = 0,5 \cdot \beta_v \cdot V_h$);

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях, равный для:

- стыков панелей стен – 0,7;

- окон и балконных дверей с тройными раздельными переплетами – 0,7;

- окон и балконных дверей с двойными раздельными переплетами – 0,8;

- окон и балконных дверей со спаренными переплетами – 0,9;

- окон и балконных дверей с одинарными переплетами – 1,0;

$\rho_{\alpha}^{\text{ht}}, V_h, \beta_v$ – то же, что в формуле (18) [м^3].

3.4.6. Количество инфильтрующегося воздуха в лестничную

клетку жилого здания через неплотности заполнений проемов следует определять по формуле:

$$G_{\text{inf}} = A_F \cdot \frac{\left(\Delta p_F / \Delta p_o \right)^{2/3}}{R_{\alpha, F}} + A_{\text{ed}} \cdot \frac{\left(\Delta p_{\text{ed}} / \Delta p_o \right)^{1/2}}{R_{\alpha, \text{ed}}}, \quad (19)$$

где A_F, A_{ed} - соответственно для лестничной клетки суммарная площадь окон и балконных дверей, а также входных наружных дверей в здание [м^2];

$\Delta p_F, \Delta p_{\text{ed}}$ - соответственно для лестничной клетки разность давлений наружного и внутреннего воздуха соответственно для окон и балконных дверей, а также наружных входных дверей [Па];

$R_{\alpha, F}, R_{\alpha, \text{ed}}$ - соответственно для лестничной клетки требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей, а также наружных входных дверей [$\text{м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг}$].

3.4.7. Бытовые теплопоступления в течение отопительного периода Q_{int} [МДж] следует определять по формуле

$$Q_{\text{int}} = 0,0864 \cdot q_{\text{int}} \cdot z_{\text{ht}} \cdot A_{\ell}, \quad (20)$$

где q_{int} - величина бытовых тепловыделений на 1 м^2 площади жилых помещений или расчетной площади общественного здания [$\text{Вт} / \text{м}^2$], принимаемая для:

а) жилых зданий, предназначенных гражданам с учетом социальной нормы (с расчетной заселенностью квартиры 20 м^2 общей площади и менее на человека) $q_{\text{int}} = 17 \text{ Вт} / \text{м}^2$;

б) жилых зданий без ограничения социальной нормы (с расчетной заселенностью квартиры 45 м^2 общей площади и более на человека) $q_{\text{int}} = 10 \text{ Вт} / \text{м}^2$;

в) других жилых зданий - в зависимости от расчетной заселенности квартиры по интерполяции величины q_{int} между 17 и 10 $\text{Вт} / \text{м}^2$;

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;

Z_{ht} - то же, что и в формуле (7) [сут];

A_{ℓ} - то же, что и в п. 3.4.5;

3.4.8. Теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода Q_s [МДж] для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, следует определять по формуле:

$$Q_s = \tau_F \cdot k_F \cdot (A_{F1} \cdot I_1 + A_{F2} \cdot I_2 + A_{F3} \cdot I_3 + A_{F4} \cdot I_4) + \tau_{scy} \cdot k_{scy} \cdot A_{scy} \cdot I_{hor}, \quad (21)$$

где τ_F и τ_{scy} – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема соответственно окон (F) и зенитных фонарей (scy) непрозрачными элементами заполнения, принимаемые по проектным данным (при отсутствии данных следует принимать согласно СП 23-101);

k_F и k_{scy} – коэффициенты относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений соответственно окон (F) и зенитных фонарей (scy), принимаемые по паспортным данным соответствующих светопропускающих изделий (при отсутствии данных численные значения коэффициентов следует принимать по Приложению Л СП 23-101); мансардные окна с углом наклона заполнений к горизонту 45° и более следует считать как вертикальные окна, с углом наклона менее 45° – как зенитные фонари;

A_{F1} , A_{F2} , A_{F3} , A_{F4} – площадь светопроемов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырем направлениям, м²;

A_{scy} – площадь светопроемов зенитных фонарей здания, м²;

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, МДж/м² (определяется по табл. 7*);

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, МДж/м² (определяется по табл. 7).

3.4.9. Расчетная величина удельной потребности тепловой энергии на отопление здания может быть снижена за счет:

а) изменения объемно-планировочных решений, обеспечивающих наименьшую площадь наружных ограждений, уменьшение числа наружных углов, увеличение ширины зданий, а также использования ориентации и рациональной компоновки многосекционных зданий; предварительный выбор объемно-планировочных решений жилых и общественных зданий рекомендуется осуществлять с учетом требований раздела 2 Пособия;

б) снижения площади световых проемов жилых зданий до минимально необходимой по требованиям естественной освещенности и инсоляции в соответствии с санитарными правилами;

в) использования конструкционных изделий, в том числе эффективных керамических материалов, теплоизоляционных материалов и рационального расположения их в ограждающих конструкциях, обеспечивающего более высокую теплотехническую однородность и эксплуатационную надежность наружных ограждений, а также повышения степени уплотнения стыков и притворов открывающихся элементов наружных ограждений;

г) повышения эффективности авторегулирования систем обеспечения микроклимата, применения эффективных видов отопительных приборов и более рационального их расположения;

д) выбора более эффективных систем теплоснабжения;

е) утилизации тепла удаляемого внутреннего воздуха и поступающей в помещение солнечной радиации.

4. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

4.1. НЕСВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

4.1.1. Общие положения по расчету приведенного сопротивления теплопередаче несветопрозрачных ограждающих конструкций

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

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (22)$$

где δ_i - толщина i -го слоя, м;

λ_i - расчетный коэффициент теплопроводности материала i -го слоя, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, для условий эксплуатации «Б», принимаемый по Приложению 4.

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

$$R_k = \sum_{i=1}^n R_i + R_{\alpha.\ell} = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{\alpha.\ell}, \quad (23)$$

где $R_1, R_2 \dots R_n$ - термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, определяемые по формуле (21);

$R_{\alpha.\ell}$ - термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, принимаемое по табл. 14.

Таблица 14

Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек $R_{a,l}$

Толщина воздуш- ной про- слойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки $R_{a,l}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$			
	горизонтальной при потоке теплоты снизу вверх и вертикальной		горизонтальной при потоке теплоты сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положитель- ной	отрицатель- ной	положитель- ной	отрицатель- ной
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 наличии на одной или обеих поверхностях воздушной прослойки теплоотражающей алюминиевой фольги термическое сопро- тивление замкнутой воздушной прослойки следует увеличивать в два раза				

4.1.1.3. Условное сопротивление теплопередаче R_o , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, однородной однослойной или многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями или ограждающей конструкции в удалении от теплотехнических неоднородностей не менее чем на две толщины ограждающей конструкции следует определять по формуле:

$$R_o = R_{si} + R_k + R_{se}, \quad (24)$$

где $R_{si} = 1/\alpha_{int}$, α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый по табл. 13;

$R_{se} = 1/\alpha_{ext}$, α_{ext} - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый по табл. 15;

R_k - то же, что и в формуле (23).

Таблица 15

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции α_{ext} для условий холодного периода

№ п/п	Наружная поверхность ограждающей конструкции	Коэффициент теплоотдачи α_{ext} , Вт / м ² ·°С
1	Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23*
2	Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	17
3	Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	12
4	Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6
*Примечание: При наличии в ограждающей конструкции прослойки, вентилируемой наружным воздухом: а) слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой и наружной поверхностью, в теплотехническом расчете не учитываются; б) на поверхности конструкции, обращенной в сторону вентилируемой наружным воздухом прослойки, следует принимать коэффициент теплоотдачи α_{ext} равным 10,8 Вт/(м²·°С).		

4.1.1.4. Теплотехнический расчет неоднородных наружных ограждающих конструкций, содержащих углы, проемы, соединительные элементы между наружными облицовочными слоями (ребра,

шпонки, стержневые связи), растворные швы кладки стен, анкера для крепления навесных фасадных конструкций и утеплителя, иные сквозные и несквозные теплопроводные включения, выполняют на основе расчета температурных полей.

4.1.1.5. Приведенное сопротивление теплопередаче R_o^r , $m^2 \text{ } ^\circ C / Wt$, неоднородной ограждающей конструкции или ее участка (фрагмента) следует определять по формуле:

$$R_o^r = R_{si} + R_k^r + R_{se}, \quad (25)$$

где R_{si} , R_{se} - то же, что и в формуле (24);

R_k^r - приведенное термическое сопротивление, определяемое на основе расчета температурных полей с применением специальных компьютерных программ, по формуле:

$$R_k^r = \frac{(\tau_{int} - \tau_{ext}) A}{Q}, \quad (26)$$

где τ_{int} , τ_{ext} - средние температуры наружной и внутренней поверхностей рассчитываемой конструкции, $^\circ C$, определяемые по результатам расчета температурных полей;

A - площадь приведения, m^2 , численно равна площади проекции рассчитываемой конструкции на параллельную плоскость;

Q - суммарный тепловой поток, входящий в рассчитываемую конструкцию, Wt .

4.1.1.6. Приведенное сопротивление теплопередаче R_o^r ограждающей конструкции, состоящей из нескольких участков с известными (рассчитанными) величинами приведенного сопротивления теплопередаче $R_{o,i}^r$, следует рассчитывать по формуле:

$$R_o^r = \frac{\sum_{i=1}^m A_i}{\left(\sum_{i=1}^m \frac{A_i}{R_{o,i}^r} \right)}, \quad (27)$$

где A_i , $R_{o,i}^r$ - соответственно площадь i -го участка ограждающей

конструкции, м^2 , и его приведенное сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

m - число участков ограждающей конструкции с рассчитанными приведенными сопротивлениями теплопередаче.

4.1.1.7. Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен R_{fas}^r следует определять для фасада здания либо для одного промежуточного этажа с учетом откосов проема без учета их заполнений по формуле:

$$R_{\text{fas}}^r = \frac{A_{\text{fas}}}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{R_{o,i}^r} \right)}, \quad (28)$$

где $A_{\text{fas}} = \sum_{i=1}^n A_i$, - площадь всех фасадов здания, за исключением площади оконных и дверных проемов, м^2 ;

A_i - площадь i -го фрагмента (панели) фасада здания, м^2 ;

$R_{o,i}^r$ - приведенное сопротивление теплопередаче i -го фрагмента (панели) фасада здания, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Фрагментом фасада кирпичного, каменного, брусчатого, монолитного здания следует принимать участок наружной стены i -го помещения здания. Правила выбора расчетных фрагментов и примеры определения приведенного сопротивления теплопередаче фасада здания приведены в п. 4.1.2.

4.1.2. Метод определения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий на основе расчета температурных полей

4.1.2.1. Сущность метода заключается в моделировании стационарного процесса теплопередачи через ограждающие конструкции зданий с использованием специальных компьютерных программ.

4.1.2.2. Метод предназначен для оценки температурного режима и расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий или их фрагментов с учетом геометрической

формы, расположения и характеристик конструктивных и теплоизоляционных слоев, температур окружающего воздуха, коэффициентов теплоотдачи поверхностей.

4.1.2.3. Компьютерные программы, с помощью которых производятся расчеты, должны иметь сопроводительную техническую документацию и обеспечивать возможность расчета трехмерного (пространственного) или двухмерного (плоского) температурного поля, тепловых потоков и сопротивления теплопередаче в заданной области ограждающих конструкций при стационарных условиях теплопередачи.

4.1.2.4. Ввод исходных данных должен производиться в графическом виде (с экрана монитора), либо в виде табличных данных и обеспечивать возможность задания требуемых характеристик материалов и граничных условий рассчитываемой конструкции в заданной области; при этом возможно использование, как банка данных, так и задания исходных данных в виде расчетных значений.

4.1.2.5. Представление результатов расчета должно обеспечивать возможность визуализации температурного поля, определение температуры в любой точке рассчитываемой конструкции, определение суммарных входящих и выходящих тепловых потоков через заданные поверхности, средних температур заданных поверхностей, сопротивления теплопередаче (или коэффициента теплопередачи) рассчитываемой конструкции.

4.1.2.6. Окончательные результаты расчета должны представляться в документированном виде и включать:

- расчетные температуры наружного и внутреннего воздуха;
- коэффициенты теплообмена поверхностей;
- распределение температур по заданному сечению рассчитанной конструкции;
- информацию по входящим и выходящим тепловым потокам, средним температурам поверхностей по заданным областям;
- значения сопротивления теплопередаче (или коэффициента теплопередачи) рассчитанной конструкции или её участка.

4.1.2.7. Сопроводительная документация к компьютерной программе должна содержать:

- область применения программного продукта;
- сведения о сертификации;
- подробное описание назначения программы и ее функций;
- описание процедуры установки программы на персональном компьютере;
- описание математических моделей, используемых в программе;
- детальное руководство пользователя с примерами реализации;
- координаты службы технической поддержки.

4.1.2.8. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- анализ рассчитываемой конструкции, выбор расчетной области (расчетного фрагмента);
- выбор программного средства (компьютерной программы) для проведения расчетов трехмерных или двухмерных температурных полей;
- составление расчетной схемы;
- подготовка и ввод в программу исходных данных (геометрических размеров, расчетных коэффициентов теплопроводности, расчетных температур наружного и внутреннего воздуха, расчетных коэффициентов теплоотдачи поверхностей конструкции);
- расчет температурного поля;
- визуализация результатов расчета; анализ характера распределения температур в рассматриваемой области, определение средних температур внутренней и наружной поверхностей по заданным поверхностям; определение суммарного теплового потока, входящего в расчетную область; при необходимости – определение минимальной температуры внутренней поверхности;
- расчет приведенного сопротивления теплопередаче конструкции;

- составление документированного отчета по результатам расчетов.

4.1.2.9. В общем случае задача выбора расчетной области может быть сведена к следующим частным случаям:

- определение размеров (границ) рассчитываемой ограждающей конструкции (или ее фрагментов) для расчета приведенного сопротивления теплопередаче фасада здания или его промежуточного этажа, совмещенного покрытия, цокольного или чердачного перекрытия;

- определение размеров расчетной области для определения приведенного сопротивления теплопередаче отдельной конструкции (например, оконного или дверного балконного блока, стеновой панели и т. п.);

- выбор расчетной области для оценки температурного режима отдельных узлов сопряжений ограждающих конструкций.

4.1.2.10. При необходимости рассчитываемая ограждающая конструкция может быть разбита на отдельные фрагменты и расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции в целом выполнен по формуле (27) или (28), на основании расчета приведенного сопротивления теплопередаче отдельных фрагментов R_o^r .

4.1.2.11. В качестве расчетных фрагментов для определения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций рекомендуется принимать:

- для наружных стен - повторяющиеся однотипные участки, например, участки фасада здания без оконных проемов, с оконными проемами, с балконными дверями и т. п.

- для совмещенных покрытий или чердачных перекрытий - повторяющиеся однотипные участки по осям симметрии;

- для стеновых панелей – участки фасада по размерам стеновых панелей (на комнату или несколько комнат - для крупнопанельных зданий).

Возможные варианты разбиения ограждающих конструкций здания на расчетные фрагменты и участки приведены на рис. 5.

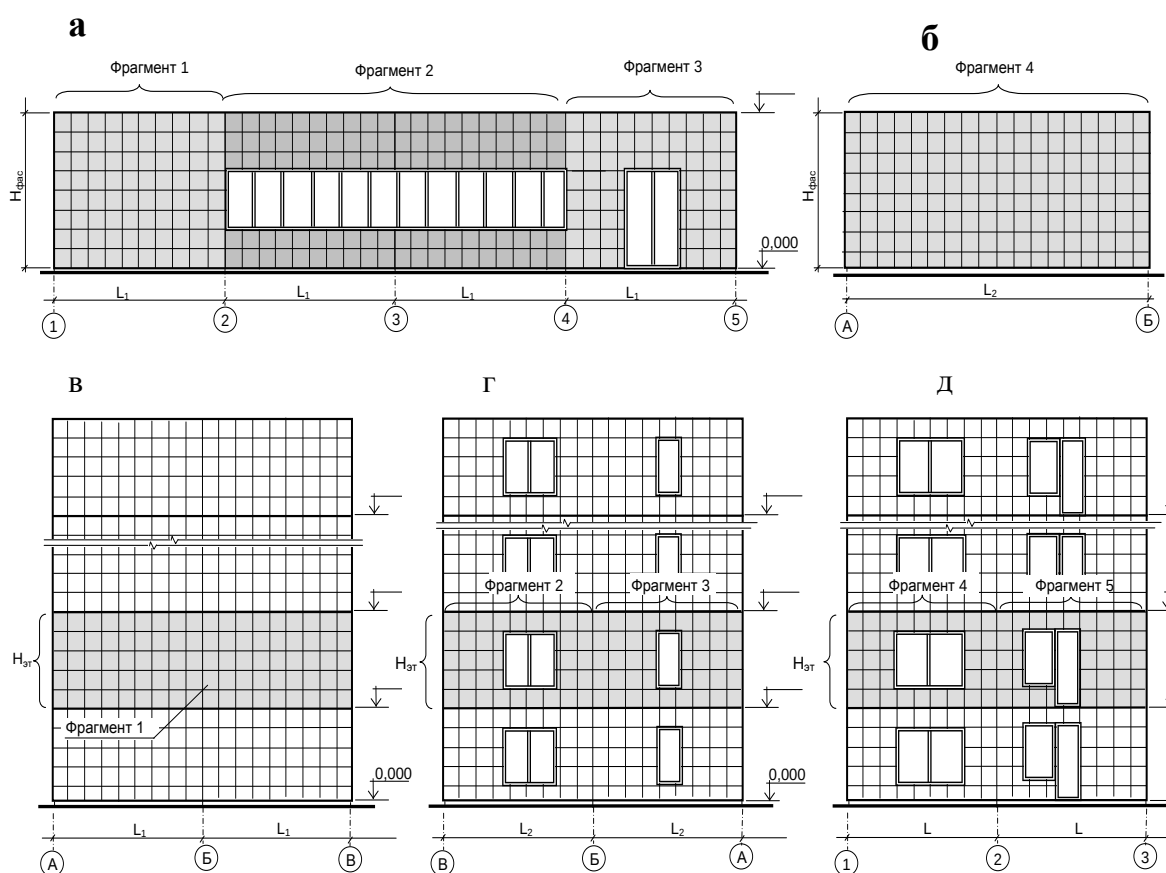


Рис. 5. Примеры разбиения фасада здания (а, б) или промежуточного этажа (в, г, д) на отдельные фрагменты для расчета приведенного сопротивления теплопередаче по формулам (27), (28)

4.1.2.13. В качестве расчетной области для оценки температурного режима отдельных узлов сопряжений ограждающих конструкций могут приниматься:

- характерные сечения узлов сопряжений конструкций, ограничиваемые осями симметрии или длиной не менее 5-ти толщин рассчитываемой конструкции в каждую сторону от рассчитываемого узла;
- пространственные конструкции (трехмерные области), размеры которых принимаются с учетом расположения и размеров теплопроводных включений, несущих и ограждающих конструкций, ограничиваемые либо по осям симметрии, либо длиной не менее 5-ти толщин конструкции в каждую сторону от внутренней поверхности рассчитываемого узла.

Для проверки корректности размеров выбранной расчетной области, рекомендуется проводить проверку результатов расчета температурного поля по наиболее удаленному сечению путем сопоставления с расчетом по одномерному температурному полю.

4.1.2.14. Примеры ограничения и задания размеров расчетных областей для некоторых конструкций приведены на рис. 6, рис. 7.

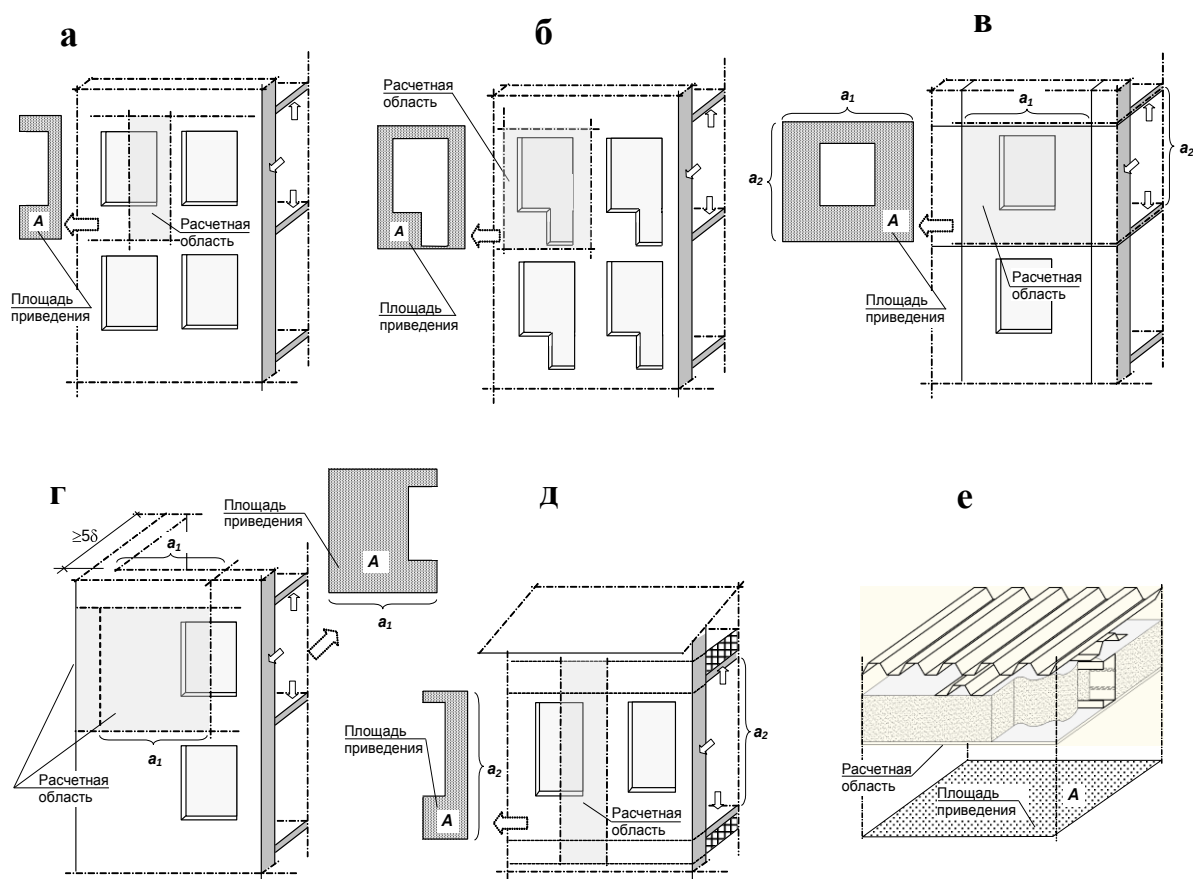


Рис. 6. Примеры выбора расчетной области для некоторых конструкций:

а – стена с окнами, б – стена с балконными дверями;

в – стеновая панель крупнопанельного здания;

г – стена углового помещения;

д – стена одноэтажного здания; е – совмещенное покрытие

- для ограждающих конструкций, содержащих оконные или дверные проемы, расчеты следует проводить с учетом заполнения этих проемов; при этом оконные или дверные блоки могут быть представлены в виде пластин с заданными коэффициентами теплопроводности;

- ограждающие конструкции, включающие плиты перекрытий, перегородки, колонны и т. п. следует рассчитывать с учетом этих элементов, принимая их размеры согласно п.п. 4.1.2.9-4.1.2.14.

4.1.2.16. Замкнутые (невентилируемые) воздушные прослойки, расположенные внутри рассчитываемых ограждающих конструкций, следует учитывать в виде областей, по форме и размерам аналогичных воздушной прослойке, заполненных материалом с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{ек}}$, Вт/(м·°C)

$$\lambda_{\text{ек}} = \frac{\delta_{\alpha\ell}}{R_{\alpha\ell}}, \quad (29)$$

где $\delta_{\alpha\ell}$ - толщина воздушной прослойки, м;

$R_{\alpha\ell}$ - термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, м²·°C/Вт, принимаемое по табл. 14.

4.1.2.17. При наличии ограждающей воздушной прослойки, вентилируемой наружным воздухом, все слои, расположенные за вентилируемой прослойкой, допускается в расчете не учитывать.

4.1.2.18. При задании разностной сетки или размеров конечных элементов (разбиении рассчитываемой области) следует руководствоваться следующими правилами:

- участки рассчитываемой конструкции, содержащие теплопроводные включения (связи, шпонки, ребра, металлические профильные элементы и т. п.), должны иметь более мелкое разбиение, по сравнению с теплотехнически однородными участками конструкции;

- изменение размеров разностной сетки на участках, прилегающих к теплопроводным включениям, должно производиться постепенно, без значительных скачков;

- теплопроводные включения должны разбиваться разностной

сеткой или конечными элементами, как минимум на два или три слоя.

При наличии в компьютерной программе технических возможностей, следует проводить оценку корректности разбиения рассчитываемой области на конечные элементы или разностную сетку. При отсутствии подобной возможности, рекомендуется проводить проверку оценки корректности разбиения путем удвоения конечно-разностной сетки и сопоставления результатов расчетов температурных полей.

Примеры задания равномерной и неравномерной разностной сетки для расчета некоторых конструкций приведены на рис. 7.

4.1.2.19. Условия теплообмена на поверхностях рассчитываемых конструкций задаются в виде расчетных температур окружающего воздуха и расчетных коэффициентов теплоотдачи поверхностей (граничные условия третьего рода).

Величины расчетных температур окружающего воздуха и расчетных коэффициентов теплоотдачи поверхностей принимаются согласно п.п. 1.2.1-1.2.4, 4.1.1.3, в зависимости назначения здания, вида и положения ограждающей конструкции и т. п.

При расчете конструкций теплых чердаков, подвалов, остекленных лоджий и т. п., граничные условия принимаются с учетом расчетных условий эксплуатации этих помещений.

4.1.2.20. Условия теплообмена по осям симметрии ограждающих конструкций задаются адиабатными ($t = 0$, $\alpha = 0$).

4.1.2.21. При необходимости, например, расчете заглубленных в грунт конструкций, возможно задание граничных условий в виде распределения температур по поверхности (или сечению) конструкций.

4.1.2.22. При определении приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций на основе расчета температурных полей следует различать площадь, по которой рассчитывается (учитывается) суммарный тепловой поток, входящий в расчетную область - F_i , m^2 , и площадь приведения - A_i , m^2 , относительно которой определяется («приводится») приведенное сопротивление теплопередаче.

Необходимость подобного разделения обусловлена тем, что при расчете суммарного теплового потока должны учитываться все теп-

ловые потоки, входящие в расчетную область (например, для наружной стены – через внутреннюю поверхность стены, оконные откосы, внутренние перегородки, колонны и т. п.), но при «приведении» суммарный тепловой поток следует относить к площади, численно равной площади проекции рассчитываемой конструкции на параллельную плоскость.

Примеры определения площадей F_i и A_i для ряда конструкций приведены на рис. 8.

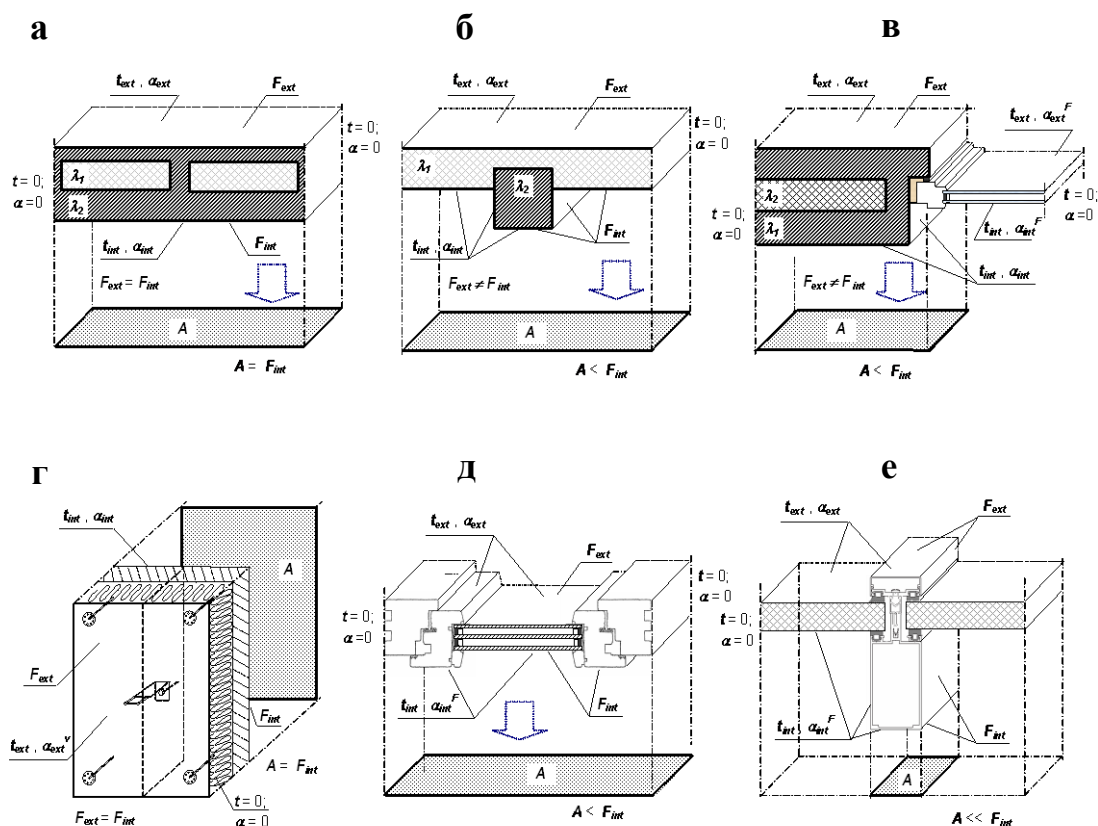


Рис. 8. Примеры задания граничных условий и определения площадей приведения A_i для расчета приведенного сопротивления теплопередаче некоторых конструкций: а, б – фрагмента наружной стены с теплопроводными включениями без проемов; в – фрагмента наружной стены с оконным блоком; г – фрагмента наружной стены с фасадной изоляцией; д – оконного блока; е – системы профилей

4.1.2.23. В том случае, если рассчитываемая конструкция представляет собой пластину с плоскопараллельными поверхностями, независимо от наличия и типа теплопроводных включений, $A_i = F_i$.

Если рассчитываемая конструкция отличается от пластины с плоскопараллельными поверхностями, например, имеет оконные проемы, выступающие или западающие участки и т. п. (см. рис. 8), $A_i \neq F_i$.

Если рассчитываемая конструкция включает наружные выступающие углы, площадь приведения A_i принимается по внутренним размерам конструкции.

4.1.2.24. При расчете приведенного сопротивления теплопередаче оконных или дверных балконных блоков, витражей, профильных систем и т. п., суммарный тепловой поток, входящий в рассчитываемую конструкцию определяется суммирование тепловых потоков по всем внутренним поверхностям, а площадь приведения A_i , m^2 , определяется как площадь проекция рассчитываемой конструкции на параллельную плоскость.

4.1.2.25. При определении приведенного сопротивления теплопередаче на основе расчета двухмерных (плоских) температурных полей, определяется линейная плотность теплового потока, входящего в рассчитываемую область, Q_L , Вт/м, аналогично вышеизложенными правилами, и приведенная длина конструкции, L , м.

4.1.2.26. Величина приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции R_o^r , определяется по формуле (25), как сумма приведенного термического сопротивления конструкции R_k^r , $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$, и сопротивлений теплоотдаче наружной $R_{ext} = 1/\alpha_{ext}$ и внутренней $R_{int} = 1/\alpha_{int}$ поверхностей $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$.

Приведенное термическое сопротивление рассчитываемой ограждающей конструкции или ее фрагмента R_k^r определяется по формуле:

$$R_k^r = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{Q} A, \quad (30)$$

где t_{int} , t_{ext} - средние температуры наружной и внутренней поверхностей рассчитываемой конструкции, °С, принимаемые по результатам расчета температурных полей;

Q_i – суммарный тепловой поток, входящий в рассчитываемую область конструкции, Вт;

A_i – площадь приведения, м², численно равна площади проекции рассчитываемой конструкции на параллельную плоскость.

4.1.2.27. Величина приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции по результатам расчета двухмерного (плоского) температурного поля для характерного сечения конструкции, определяется по формуле (25). При этом приведенное термическое сопротивление конструкции рассчитывается по формуле:

$$R_k^r = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{Q_L} L, \quad (31)$$

где t_{int} , t_{ext} - средние температуры наружной и внутренней поверхностей рассчитываемой конструкции, °С, определяемые по результатам расчета температурных полей;

Q_L – линейная плотность входящего теплового потока, входящего в рассчитываемую область, Вт/м;

L – длина приведения рассчитываемой конструкции, м.

4.1.2.28. Если при проведении расчетов необходимо определить приведенное сопротивление теплопередаче части конструкции (например, непрозрачной части витражной системы, или стеновой панели без учета оконного блока), программными средствами выделяются требуемые участки, по которым определяются средние значения температур и тепловых потоков.

Расчет величины R_o^r в данном случае проводится аналогично п.п. 4.1.2.26, 4.1.2.27 с учетом соответствующих площадей или длин приведения.

4.1.2.29. Примеры расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций приведены ниже.

Примеры расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Пример 1. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены с каркасом из термопрофилей

Требуется определить приведенное сопротивление фрагмента наружной стены с каркасом из термопрофилей ТПП 110. Шаг профилей – 600 мм, толщина стенки профилей – 1,0 мм. Конструктивное решение стены с расположением термопрофилей и их основными размерами приведено на рис. 9.

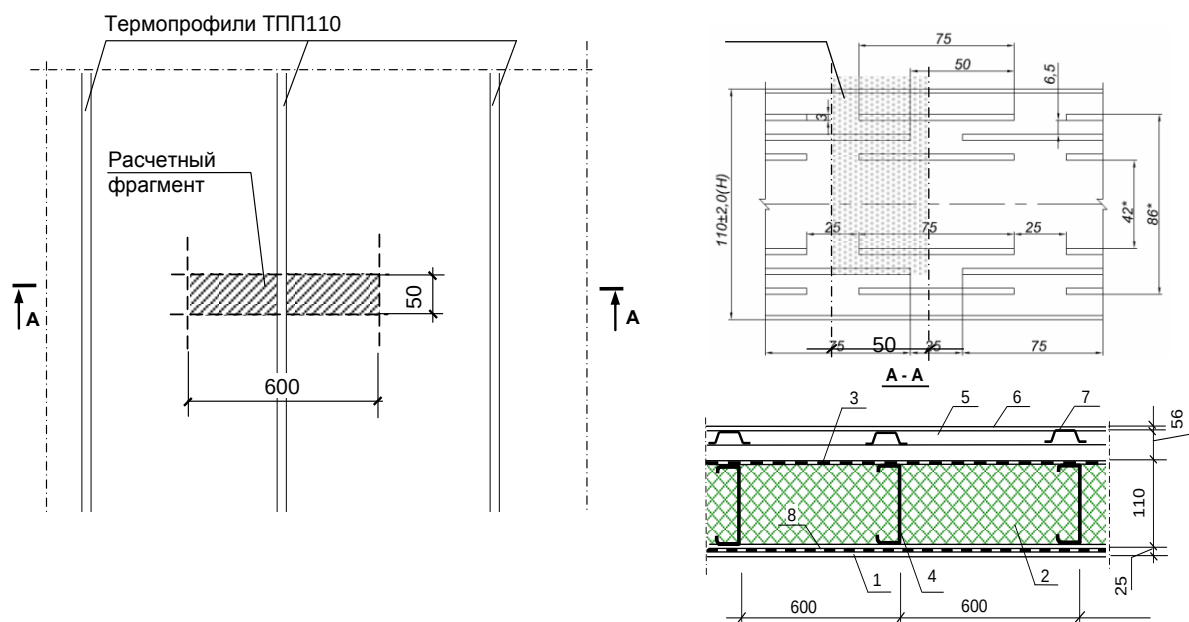


Рис. 9. Схема наружной стены с применением термопрофилей ТПП 110:
 1 – внутренняя обшивка; 2 – утеплитель; 3 – гидро-ветрозащита;
 4 – термопрофиль ТПП 110; 5 – вентилируемая воздушная прослойка;
 6 – наружная облицовка; 7 – шляпный профиль; 8 – пароизоляция

Исходные данные:

- район строительства - г. Санкт-Петербург;
- назначение здания - общественное;

- расчетная температура внутреннего воздуха - $t_{\text{int}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- расчетная температура наружного воздуха - $t_{\text{ext}} = - 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- расчетная относительная влажность воздуха - $\varphi_{\text{int}} = 50 \text{ } \%$;
- зона влажности – влажная;
- влажностный режим помещений здания - нормальный;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций - «Б».

Характеристики материалов:

- расчетный коэффициент теплопроводности слоя теплоизоляции - $\lambda_{\text{Б}} = 0,045 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- расчетный коэффициент теплопроводности металла - $\lambda_{\text{Б}} = 58 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- расчетный коэффициент теплопроводности обшивки (листы из гипсокартона) - $\lambda_{\text{Б}} = 0,36 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$.

Граничные условия:

- расчетный коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности стены - $\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$;
- расчетный коэффициент теплоотдачи наружной поверхности $\alpha_{\text{ext}} = 10,8 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$;

Расчет выполнен для участка стены без проемов с применением компьютерной программы расчета трехмерных температурных полей ограждающих конструкций зданий.

Размеры расчетной области конструкции при определении приведенного сопротивления теплопередаче приняты по осям симметрии (см. рис. 9).

Минимальный шаг разбиения отдельных элементов – 0,2 мм.

Распечатка результатов расчета приведенного сопротивления теплопередаче рассчитанного фрагмента стены приведена в табл. 16, распределение температур по поперечному сечению представлено на рис. 10.

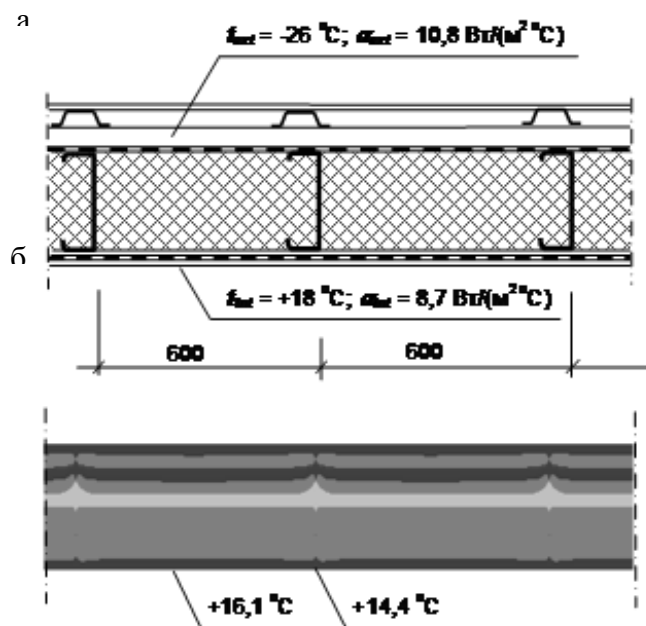


Рис. 10. Расчетная схема (а) и результаты расчета распределения температур (б) по сечению стены

Приведенное сопротивление теплопередаче рассчитанного фрагмента стены составляет - $R_o^r = 2,18 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Минимальная температура внутренней поверхности наблюдается в зоне расположения термопрофиля и составляет при расчетных температурах наружного и внутреннего воздуха $\tau = 14,4 ^\circ\text{C}$.

Таблица 16

**Результаты расчета наружной стены
с каркасом из термопрофилей**

$t_i, ^\circ\text{C}$	$\alpha_i, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$\tau_i, ^\circ\text{C}$	$A_i, ^\circ\text{C}$	$Q_i, \text{Вт}$
- 26,0	10,8	- 24,13	0,0300	0,6074
18,0	8,7	+ 15,67	0,0300	0,6074
$R_k^r = [15,67 - (- 24,13)] \cdot 0,03 / 0,6074 = 1,97 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} .$ $R_o^r = 1/8,7 + 1,97 + 1/10,8 = 2,18 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} .$				

Пример 2. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены с навесным вентилируемым фасадом

Требуется определить приведенное сопротивление фрагмента наружной стены с навесным вентилируемым фасадом. Конструктивное решение стены приведено на рис. 11.

Исходные данные:

- район строительства - г. Санкт-Петербург;
- назначение здания – жилое;
- расчетная температура внутреннего воздуха - $t_{\text{int}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- расчетная температура наружного воздуха - $t_{\text{ext}} = -26\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- расчетная относительная влажность воздуха - $\phi_{\text{int}} = 55\text{ }%$;
- зона влажности - влажная;
- влажностный режим помещений здания – нормальный;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций - «Б».

Теплотехнические характеристики материалов:

- железобетон, $\lambda_{\text{Б}} = 1,92\text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;
- жесткие минераловатные плиты фасадной теплоизоляции, $\lambda_{\text{Б}} = 0,05\text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;
- мягкие минераловатные плиты фасадной теплоизоляции, $\lambda_{\text{Б}} = 0,045\text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;
- сталь, $\lambda = 58\text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Граничные условия:

- расчетный коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности стены - $\alpha_{\text{int}} = 8,7\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$;
- расчетный коэффициент теплоотдачи наружной поверхностей стен $\alpha_{\text{ext}} = 10,8\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Размеры расчетного фрагмента конструкции приняты по осям симметрии (см. рис. 11). Минимальный шаг разбиения отдельных элементов – 0,2 мм.

Результаты расчета приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента стены приведены в табл. 17, распределение температур по поперечному сечению представлено на рис. 12.

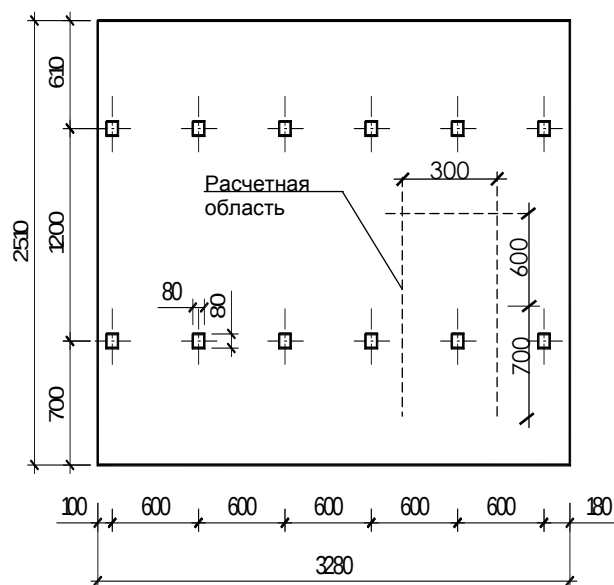


Рис. 11. Схема наружной стены с указанием расчетной области.
Расчет выполнен с применением компьютерной программы расчета
трехмерных температурных полей

Таблица 17

**Результаты расчета наружной стены
с навесным вентилируемым фасадом**

$t_i, ^\circ\text{C}$	$\alpha_i, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$t_i, ^\circ\text{C}$	$A_i, ^\circ\text{C}$	$Q_i, \text{Вт}$
-26,0	10,8	-24,55	0,3900	6,1076
20,0	8,7	+18,20	0,3900	6,1076
$R_k^r = [18,20 - (-24,55)] \cdot 0,39/6,1076 = 2,73 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$ $R_o^r = 1/8,7 + 2,73 + 1/10,8 = 2,94 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$				

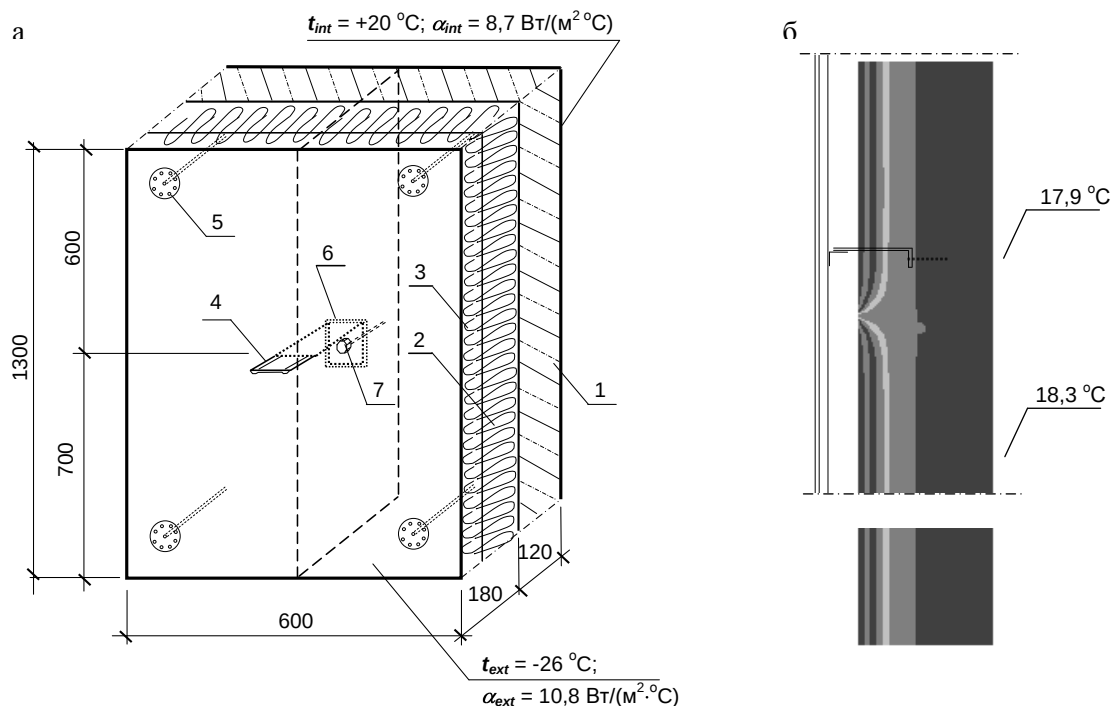


Рис. 12. Расчетная схема (а) и результаты расчета распределения температур (б) по сечению стены в зоне расположения кронштейна:

- 1 – железобетон; 2 – мягкие минераловатные плиты;
 3 – жесткие минераловатные плиты; 4 – несущий кронштейн;
 5 – тарельчатый дюбель; 6 – паронитовая прокладка; 7 – дюбель

Приведенное сопротивление теплопередаче рассчитанного фрагмента стены составляет - $R_o^r = 2,94\text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C/Вт}$. Минимальная температура внутренней поверхности в зоне расположения кронштейна составляет $\tau = 17,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Пример 3. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен промежуточного этажа жилого дома

Требуется определить приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен среднего промежуточного этажа многоэтажного жилого дома $R_{o,fas}^r$.

Конструктивное решение наружных стен - двухслойные с наружным облицовочным слоем из кирпичной кладки плотностью

1800 кг/м³ толщиной 120 мм и внутренним теплоизоляционным слоем (кладка из полистиролбетонных блоков плотностью 400 кг/м³) толщиной 450 мм (рис. 13).

Величина приведенного сопротивление теплопередаче среднего промежуточного этажа $R_{o,fas}^r$ определена на основании расчета приведенного сопротивления ряда участков (фрагментов) $R_{o,i}^r$ с учетом потерь тепла через торцы плит перекрытий, откосы оконных проемов и балконных дверей. В частности:

- фрагмента глухой стены без проемов, размерами по высоте равного высоте этажа $h = 3,0$ м, по ширине – 1,2 м;

- фрагмента стены с оконными проемами, размерами по высоте равного высоте этажа $h = 3,0$ м, по ширине – равного расстоянию между осями оконными проемов;

- фрагмента стены с балконной дверью, размерами по высоте равного высоте этажа $h = 3,0$ м, по ширине – равного расстоянию между осями простенков.

Исходные данные:

- район строительства - г. Санкт-Петербург;
- назначение здания - жилое;
- расчетная температура внутреннего воздуха - $t_{int} = 20$ °С;
- расчетная температура наружного воздуха - $t_{ext} = -26$ °С;
- зона влажности - влажная;
- влажностный режим помещений здания – нормальный;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций – «Б».

Теплотехнические характеристики материалов:

- цементно-песчаный раствор $\gamma_o = 1800$ кг/м³, $\lambda_B = 0,93$ Вт/(м·°С);
- кирпичная кладка из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе $\gamma_o = 1800$ кг/м³, $\lambda_B = 0,80$ Вт/(м·°С);
- кладка из блоков полистиролбетона плотностью $\gamma_o = 400$ кг/м³, $\lambda_B = 0,11$ Вт/(м·°С).

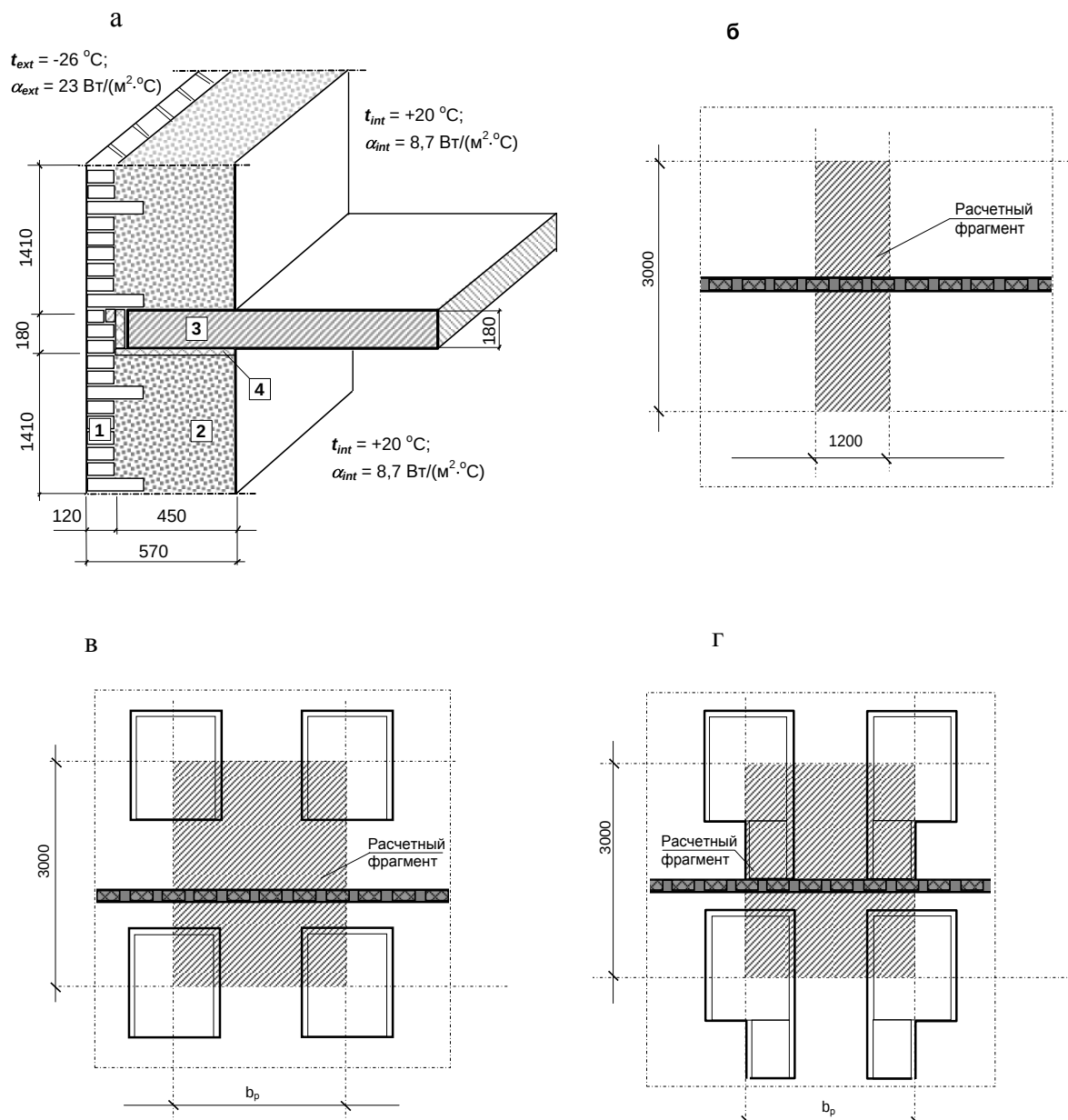


Рис. 13. Конструктивное решение (а) и
схемы расчетных фрагментов (б, в, г) наружной стены к примеру 3:

- 1 – кирпичная кладка из обыкновенного глиняного кирпича;
- 2 – кладка из полистиролбетонных блоков; 3 – железобетон;
- 4 – пенополистирол

Граничные условия:

- расчетный коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности

стены - $\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплоотдачи оконных блоков -
 $\alpha_{\text{int}} = 8,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплоотдачи наружной поверхности
стен, окон - $\alpha_{\text{ext}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Расчетные схемы фрагментов наружных стен представлены на
рис. 13.

Результаты расчетов – представлены в табл. 18.

Таблица 18

**Характеристика расчетных участков наружных стен
среднего этажа жилого дома**

Но- мер уча- стка	Особенности конструктивного решения участка стены	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_{o,w}^r$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	Площадь A_w^i , м^2
1	Глухой участок стены (без проемов)	2,51	61,20
2	Глухой участок стены с колонной (без проемов)	2,04	94,68
3	Участок стены с оконны- ми проемами (при утеп- лении откосов)	2,07	82,12
4	Участок стены с балкон- ными дверями (с учетом остекления лоджии)	2,08	40,90

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен
среднего промежуточного этажа многоэтажного жилого дома R_{fas}^r с
учетом площадей участков стен по фасадам здания составляет:

$$R_{\text{fas}}^r = \frac{61,2 + 94,68 + 82,12 + 40,9}{\frac{61,2}{2,51} + \frac{94,68}{2,04} + \frac{82,12}{2,07} + \frac{40,9}{2,08}} = 2,14 \text{ } \left(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} \right)$$

4.2. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛЫХ ЧЕРДАКОВ

4.2.1. Нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытия теплого чердака $R_{\text{req}}^{\text{g.f}}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, определяют по формуле:

$$R_{\text{req}}^{\text{g.f}} = n \cdot R_{\text{req}}^{\text{r}}, \quad (32)$$

где $R_{\text{req}}^{\text{r}}$ - нормируемое сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия, определяемое по табл. 10 (графа 5) в зависимости от типа здания;

n – коэффициент, определяемый по формуле:

$$n = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{int}}^{\text{g}}}{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}} \quad (33)$$

где t_{int} , t_{ext} - то же, что и в формуле (8);

$t_{\text{int}}^{\text{g}}$ - расчетная температура воздуха в чердаке, $^\circ\text{C}$, устанавливаемая по расчету теплового баланса.

Для 6–8-этажных зданий величину $t_{\text{int}}^{\text{g}}$ при проведении расчетов следует принимать не менее $14\text{ }^\circ\text{C}$, для 9–12-этажных зданий - не менее $15\text{ }^\circ\text{C}$, для 13–17-этажных зданий - не менее $17\text{ }^\circ\text{C}$. Для зданий ниже 6-ти этажей чердак, как правило, выполняют холодным, а вытяжные каналы из каждой квартиры выводят на кровлю.

4.2.2. Расчетный температурный перепад Δt_0 , $^\circ\text{C}$, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности перекрытия теплого чердака должен быть не более нормируемой величины Δt_n , $^\circ\text{C}$, определяемой по табл. 11.

Величину Δt_0 для перекрытия теплого чердака следует рассчитывать по формуле:

$$\Delta t_0 = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{int}}^{\text{g}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.f}} \cdot \alpha_{\text{int}}}, \quad (34)$$

где t_{int} - то же, что и в формуле (8);

t_{int}^g - то же, что и в формуле (33);

α_{int} - то же, что и в формуле (10);

$R_{pr}^{g,f}$ - проектное значение сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия, назначаемое из условия: $R_{pr}^{g,f} \geq R_{req}^{g,f}$;

$R_{req}^{g,f}$ - то же, что и в формуле (32).

Если условие $\Delta t_0 \leq \Delta t_n$ не выполняется, то следует увеличить сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия $R_{pr}^{g,f}$ до значения, обеспечивающего это условие.

4.2.3. Нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен теплого чердака $R_{req}^{g,w}$, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, определяют согласно требованиям табл. 10 (графа 3) в зависимости от назначения здания и с учетом п. 3.2.5 настоящего Пособия при расчетной температуре воздуха в чердаке t_{int}^g . Проектное значение сопротивления теплопередаче наружных стен теплого чердака $R_{pr}^{g,w}$ назначается из условия: $R_{pr}^{g,w} \geq R_{req}^{g,w}$.

4.2.4. Нормируемое сопротивление теплопередаче покрытия $R_{req}^{g,c}$ теплого чердака, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, определяют, принимая в качестве расчетной температуры внутреннего воздуха в чердаке t_{int}^g , по формуле:

$$R_{req}^{g,c} = \frac{A_{g,c} \cdot (t_{int}^g - t_{ext})}{\left[\sum_{i=1}^n q_{pi} \cdot l_{pi} + c \cdot G_{ven} \cdot \rho_{ven} \cdot (t_{ven} - t_{int}^g) + \frac{A_{g,f} \cdot (t_{int}^g - t_{int}^g)}{R_{pr}^{g,f}} - \frac{A_{g,w} \cdot (t_{int}^g - t_{ext})}{R_{pr}^{g,w}} \right]}, \quad (35)$$

где t_{int} , t_{ext} - то же, что и в формуле (8);

t_{int}^g - то же, что и в формуле (33);

t_{ven} - температура воздуха, поступающего из вытяжных

вентиляционных каналов в пространство теплого чердака, °С, принимаемая при отсутствии рекуперации равной расчетной температуре внутреннего воздуха основных помещений - t_{int} ;

$A_{g.c}, A_{g.f}, A_{g.w}$ - расчетная площадь, m^2 , соответственно покрытия, перекрытия и наружных стен теплого чердака (определяются по внутренним размерам);

$R_{pr}^{g.f}$ - то же, что и в формуле (34);

$R_{pr}^{g.w}$ - проектное значение сопротивления теплопередаче наружных стен теплого чердака, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, принимаемое согласно п. 4.2.3 из условия: $R_{pr}^{g.w} \geq R_{req}^{g.w}$;

q_{pi} - линейная плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции, приходящаяся на 1 м длины трубопровода i -го диаметра с учетом теплопотерь через изолированные опоры, фланцевые соединения и арматуру, Вт/м; для чердаков и подвалов значения q_{pi} приведены в табл. 19;

l_{pi} - длина трубопровода i -го диаметра, м, (принимается по проекту);

c - удельная теплоемкость воздуха, принимаемая равной $0,278 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / (\text{кг} \cdot ^\circ \text{C})$;

ρ_{ven} - плотность вентиляционного воздуха, принимаемая равной $1,2 \text{ кг} / \text{м}^3$;

G_{ven} - расчетный расход вентиляционного воздуха, $m^3 / \text{ч}$, поступающего в пространство теплого чердака, рассчитываемый по формуле:

$$G_{ven} = n_{\alpha} \cdot \beta_v \cdot V_h ; \quad (36)$$

n_{α}, β_v, V_h - то же, что и в формуле (17).

Таблица 19

Нормируемая плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции трубопроводов на чердаках и в подвалах

Условный диаметр трубопровода, мм	Средняя температура теплоносителя, °С				
	60	70	95	105	125
	Линейная плотность теплового потока q_{pi} , Вт/м				
10	7,7	9,4	13,6	15,1	18,0
15	9,1	11,0	15,8	17,8	21,6
20	10,6	12,7	18,1	20,4	25,2
25	12,0	14,4	20,4	22,8	27,6
32	13,3	15,8	22,2	24,7	30,0
40	14,6	17,3	23,9	26,6	32,4
50	14,9	17,7	25,0	28,0	34,2
70	17,0	20,3	28,3	31,7	38,4
80	19,2	22,8	31,8	35,4	42,6
100	20,9	25,0	35,2	39,2	47,4
125	24,7	29,0	29,8	44,2	52,8
150	27,6	32,4	44,4	49,1	58,2

Примечание: Плотность теплового потока в таблице определена при средней температуре окружающего воздуха 18 °С. При меньшей температуре воздуха плотность теплового потока возрастает с учетом следующей зависимости:

$$q_t = q_{18} \cdot \left[\frac{t_T - t}{(t_T - 18)} \right]^{1,283}, \quad (37)$$

где q_{18} – линейная плотность теплового потока по табл. 19;

t_T – температура теплоносителя, циркулирующего в трубопроводе при расчетных условиях;

t – температура воздуха в помещении, где проложен трубопровод.

4.2.5. По проектным значениям сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций теплого чердака, - $R_{pr}^{g.f}, R_{pr}^{g.w}, R_{pr}^{g.c}$ численные значения которых должны быть выше нормируемых, - $R_{req}^{g.f}, R_{req}^{g.w}, R_{req}^{g.c}$, определенных соответственно по п.п. 4.2.1-4.2.4, по

уравнению теплового баланса чердака (с учетом тепlopоступлений через чердачное перекрытие, от трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения, с вентиляционным воздухом и потерь тепла через наружные стены и покрытие теплого чердака) определяют фактическое значение расчетной температуры воздуха в теплом чердаке $t_{\text{int}}^{\bar{g}}$:

$$t_{\text{int}}^{\bar{g}} = \frac{\left[\left(\sum_{i=1}^n q_{\text{pi}} \cdot l_{\text{pi}} \right) + c \cdot G_{\text{ven}} \cdot \rho_{\text{ven}} \cdot t_{\text{ven}} + \frac{t_{\text{int}} \cdot A_{\text{g.f}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.f}}} + t_{\text{ext}} \cdot \left(\frac{A_{\text{g.w}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.w}}} + \frac{A_{\text{g.c}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.c}}} \right) \right]}{\left[c \cdot G_{\text{ven}} \cdot \rho_{\text{ven}} + \frac{A_{\text{g.f}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.f}}} + \frac{A_{\text{g.w}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.w}}} + \frac{A_{\text{g.c}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.c}}} \right]}, \quad (38)$$

где q_{pi} , l_{pi} , c , G_{ven} , ρ_{ven} , t_{ven} , t_{int} , t_{ext} , $A_{\text{g.c}}$, $A_{\text{g.f}}$, $A_{\text{g.w}}$ - то же, что и в формуле (35);

$R_{\text{pr}}^{\text{g.f}}$, $R_{\text{pr}}^{\text{g.w}}$, $R_{\text{pr}}^{\text{g.c}}$ - проектные значения сопротивлений теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, соответственно чердачного перекрытия, наружных стен, покрытия теплого чердака, принимаемых выше нормируемых значений, - $R_{\text{req}}^{\text{g.f}}$, $R_{\text{req}}^{\text{g.w}}$, $R_{\text{req}}^{\text{g.c}}$.

В том случае, если рассчитанная по формуле (38) температура воздуха в теплом чердаке $t_{\text{int}}^{\bar{g}}$ окажется меньше принятой первоначально, - согласно п. 4.2.1 - $t_{\text{int}}^{\text{g}}$, следует провести анализ тепlopотерь и тепlopоступлений теплого чердака и изменить проектные теплозащитные качества ограждающих конструкций до достижения следующего условия:

$$t_{\text{int}}^{\bar{g}} \geq t_{\text{int}}^{\text{g}}. \quad (39)$$

4.2.6. После выполнения условия (39), наружные ограждающие конструкции теплого чердака проверяют на невыпадение конденсата на их внутренних поверхностях. Температуру внутренней поверхности наружных стен $\tau_{\text{si}}^{\text{g.w}}$ и покрытий $\tau_{\text{si}}^{\text{g.c}}$ теплого чердака следует определять по формуле:

$$\tau_{si} = t_{int}^g - \frac{t_{int}^g - t_{ext}}{R_{pr}^{g,i} \cdot \alpha_{int}^g}, \quad (40)$$

где t_{ext} - то же, что и в формуле (8);

t_{int}^g - то же, что и в формуле (38);

α_{int}^g - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности наружного ограждения теплого чердака, Вт/(м²·°C), принимаемый:

- для стен - 8,7 Вт/(м²·°C);
- для покрытий 7–9-этажных зданий - 9,9 Вт/(м²·°C);
- для покрытий 10–12-этажных - 10,5 Вт/(м²·°C);
- для покрытий 13–16-этажных - 12 Вт/(м²·°C);

$R_{pr}^{g,i}$ - проектное сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций теплого чердака: стен - $R_{pr}^{g,w}$ и покрытий - $R_{pr}^{g,c}$, м² °C/Вт.

Значение точки росы t_d , °C, для теплого чердака следует определять при расчетной температуре воздуха t_{int}^g и расчетной относительной влажности воздуха ϕ_{int} , принимаемой по Приложению 5.

Полученное значение t_d сопоставляется с соответствующим значением τ_{si} (наружных стен - $\tau_{si}^{g,w}$, покрытий - $\tau_{si}^{g,c}$) на удовлетворение условия: $t_d < \tau_{si}$.

4.2.7. Пример расчета ограждающих конструкций теплого чердака приведен ниже.

Пример расчета ограждающих конструкций теплого чердака

Исходные данные

Место строительства - г. Санкт-Петербург.

Тип здания - 16^{ти}-этажный жилой дом (одна средняя секция).

Строительный объем секции $V_h = 17128,2$ м³.

Кратность воздухообмена $n_a = 1,36$ ч⁻¹.

Градусо-сутки отопительного периода $D_d = 4796$ °C·сут.

Кухни в квартирах оборудованы электроплитами.

Расчетная температура наружного воздуха $t_{ext} = -26$ °C.

Расчетная температура внутреннего воздуха $t_{\text{int}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

По первоначальному проекту покрытие в здании было запроектировано совмещенным с приведенным сопротивлением теплопередаче –

$$R_c^r = 4,64 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт} > R_{c,\text{req}}^r = 4,60 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт} \text{ (по табл. 10).}$$

На этапе разработки раздела ОВ проекта было принято решение устройства в проектируемом здании теплого чердака и размещения в нем верхней разводки труб систем отопления и горячего водоснабжения. Расчетные температуры теплоносителя в системе отопления с верхней разводкой – $95\text{ }^{\circ}\text{C}$, горячего водоснабжения - $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Длина трубопроводов верхней разводки системы отопления составила:

d_{pi} , мм	80	50	32	25
l_{pi} , м	18	20	24,2	35,1

Длина трубопроводов верхней разводки системы горячего водоснабжения составила:

d_{pi} , мм	80	50	32	25
l_{pi} , м	4,2	18	15,4	7,8

Расчетная температура воздуха в теплом чердаке $t_{\text{int}}^g = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Температура воздуха, поступающего в теплый чердак из вентиляционных каналов, $t_{\text{ven}} = t_{\text{int}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура внутреннего воздуха в помещениях верхнего этажа $t_{\text{int}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Расчетная относительная влажность воздуха $\phi_{\text{int}} = 55\%$ (в соответствии с п. 1.2.6).

Расчет производится для определения требуемых сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций теплого чердака

$R_{\text{req}}^{g.f}$, $R_{\text{req}}^{g.c}$, $R_{\text{req}}^{g.w}$ при следующих значениях площадей:

- покрытия (кровли) над теплым чердаком $A_{g.c} = 356,4 \text{ м}^2$.
- перекрытия теплого чердака $A_{g.f} = 356,4 \text{ м}^2$.
- наружных стен теплого чердака $A_{g.w} = 124,8 \text{ м}^2$.

Порядок расчета

Расчет производится в следующей последовательности.

1. Определим, согласно п. 4.2.1, величину требуемого сопротивления теплопередаче перекрытия теплого чердака $R_{\text{req}}^{\text{g.f}}$ по формуле (32), предварительно вычислив коэффициент n по формуле (33):

$$n = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{int}}^{\text{g}}}{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}} = \frac{20 - 18}{20 + 26} = 0,044.$$

Тогда

$$R_{\text{req}}^{\text{g.f}} = n \cdot R_{\text{req}}^{\text{r}} = 0,044 \cdot 4,0 = 0,20 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

где $R_{\text{req}}^{\text{r}}$ – требуемое сопротивление теплопередаче покрытия, определяемое по табл. 10 (графа 4); для жилого здания $R_{\text{req}}^{\text{r}} = 4,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Проектное значение приведенного сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия $R_{\text{pr}}^{\text{g.f}}$ принято равным $0,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, что выше требуемого значения $R_{\text{req}}^{\text{g.f}}$, равного $0,20 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

2. Проверим, согласно п. 4.2.2, выполнение условия $\Delta t_0 \leq \Delta t_n$ для потолков помещений верхнего этажа здания при $\Delta t_n = 3 \text{ °C}$:

$$\Delta t_0 = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{int}}^{\text{g}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.f}} \cdot \alpha_{\text{int}}} = \frac{20 - 17}{0,3 \cdot 12} = 0,83 \text{ °C} < \Delta t_n.$$

Следовательно, санитарно-гигиеническое условие выполнено.

3. Требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен теплого чердака $R_{\text{req}}^{\text{g.w}}$ из условия невыпадения конденсата равно $1,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Проектное значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен теплого чердака $R_{\text{pr}}^{\text{g.w}}$ принято равным $2,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

4. Вычислим, согласно п. 4.2.4, величину требуемого сопротивления теплопередаче покрытия чердака $R_{\text{req}}^{\text{g.c}}$, предваритель-

но определив следующие величины:

- расчетный расход вентиляционного воздуха G_{ven} , м³/ч, поступающего в пространство теплого чердака, рассчитываемый по формуле:

$$G_{\text{ven}} = n_{\alpha} \cdot \beta_V \cdot V_h = 1,36 \cdot 0,85 \cdot 17128,2 = 19800,2 \text{ м}^3/\text{ч};$$

- теплопоступления от трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения определяют на основе исходных данных для труб и соответствующих значений q_{pi} , принимаемых по табл. 19 (при температуре окружающего воздуха 18 °С):

$$\left(\sum_{i=1}^n q_{\text{pi}} \cdot l_{\text{pi}} \right) = \left(31,8 \cdot 18 + 25 \cdot 20 + 22,2 \cdot 24,2 + 20,4 \cdot 35,1 + \right. \\ \left. + 19,2 \cdot 4,2 + 14,9 \cdot 18 + 13,3 \cdot 15,4 + 12 \cdot 7,8 \right) = 2972,94 \text{ Вт};$$

Тогда, требуемое сопротивление теплопередаче покрытия чердака $R_{\text{req}}^{\text{g.c}}$ составит:

$$R_{\text{req}}^{\text{g.c}} = \frac{A_{\text{g.c}} \cdot (t_{\text{int}}^{\text{g}} - t_{\text{ext}})}{\left[\sum_{i=1}^n q_{\text{pi}} \cdot l_{\text{pi}} + c \cdot G_{\text{ven}} \cdot \rho_{\text{ven}} \cdot (t_{\text{ven}} - t_{\text{int}}^{\text{g}}) + \frac{A_{\text{g.f}} \cdot (t_{\text{int}}^{\text{g}} - t_{\text{int}}^{\text{g}})}{R_{\text{req}}^{\text{g.f}}} - \frac{A_{\text{g.w}} \cdot (t_{\text{int}}^{\text{g}} - t_{\text{ext}})}{R_{\text{req}}^{\text{g.w}}} \right]} = \\ = \frac{356,4 \cdot (8 + 26)}{\left[2972,94 + 0,278 \cdot 19800,21,2 \cdot (0 - 18) + \frac{356,4 \cdot (0 - 18)}{0,3} - \frac{124,8 \cdot (8 + 26)}{2,25} \right]} = \\ = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

Проектное значение приведенного сопротивления теплопередаче покрытия теплого чердака $R_{\text{pr}}^{\text{g.c}}$ принято равным 1,2 м²·°С/Вт.

5. По проектным значениям сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций теплого чердака определим, согласно п. 4.2.5, фактическое значение температуры воздуха в теплом чердаке $t_{\text{int}}^{\text{g}}$:

$$\begin{aligned}
t_{\text{int}}^{\text{g}} &= \frac{\left[\left(\sum_{i=1}^n q_{\text{pi}} \cdot l_{\text{pi}} \right) + c \cdot G_{\text{ven}} \cdot \rho_{\text{ven}} \cdot t_{\text{ven}} + \frac{t_{\text{int}} \cdot A_{\text{g.f}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.f}}} + t_{\text{ext}} \cdot \left(\frac{A_{\text{g.w}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.w}}} + \frac{A_{\text{g.c}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.c}}} \right) \right]}{\left[c \cdot G_{\text{ven}} \cdot \rho_{\text{ven}} + \frac{A_{\text{g.f}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.f}}} + \frac{A_{\text{g.w}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.w}}} + \frac{A_{\text{g.c}}}{R_{\text{pr}}^{\text{g.c}}} \right]} = \\
&= \frac{\left[2972,94 + 0,278 \cdot 19800,2 \cdot 1,2 \cdot 20 + \frac{20 \cdot 356,4}{0,3} - 26 \cdot \left(\frac{124,8}{2,25} + \frac{356,4}{1,2} \right) \right]}{\left[0,278 \cdot 19800,2 \cdot 1,2 + \frac{356,4}{0,3} + \frac{124,8}{2,25} + \frac{356,4}{1,2} \right]} = \\
&= 18,4 \text{ } (^{\circ}\text{C})
\end{aligned}$$

Следовательно, условие (39) выполняется, - фактическое значение температуры воздуха на теплом чердаке здания $t_{\text{int}}^{\text{g}}$ выше принятой первоначально $t_{\text{int}}^{\text{g}} = 18^{\circ}\text{C}$.

6. Проверим наружные ограждающие конструкции теплого чердака на условие невыпадения конденсата на их внутренней поверхности. С этой целью рассчитаем, согласно п. 4.2.6, температуру на внутренней поверхности покрытия и наружных стен чердака по формуле (40):

$$\begin{aligned}
\tau_{\text{si}}^{\text{g.c}} &= t_{\text{int}}^{\text{g}} - \frac{(t_{\text{int}}^{\text{g}} - t_{\text{ext}})}{R_{\text{pr}}^{\text{g.c}} \cdot \alpha_{\text{int}}^{\text{g}}} = 18,4 - \frac{(18,4 - 26)}{1,2 \cdot 12} = 15,32 \text{ } (^{\circ}\text{C}) ; \\
\tau_{\text{si}}^{\text{g.w}} &= t_{\text{int}}^{\text{g}} - \frac{(t_{\text{int}}^{\text{g}} - t_{\text{ext}})}{R_{\text{pr}}^{\text{g.w}} \cdot \alpha_{\text{int}}^{\text{g}}} = 18,4 - \frac{(18,4 - 26)}{2,25 \cdot 8,7} = 16,13 \text{ } (^{\circ}\text{C})
\end{aligned}$$

7. Определим температуру точки росы t_d воздуха в чердаке.

По Приложению 5 при температуре внутреннего воздуха в теплом чердаке $t_{\text{int}}^{\text{g}} = 18,4^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности внутреннего воздуха в чердаке $\phi_{\text{int}} = 55\%$, точка росы $t_d = 9,2^{\circ}\text{C}$, что значительно ниже рассчитанных по формуле (40) численных значений температуры на внутренней поверхности покрытия и наружных стен теплого чердака (соответственно, $15,32^{\circ}\text{C}$ и $16,13^{\circ}\text{C}$), и что свидетельствует о низкой вероятности образования конденсата на них.

8. Суммарное сопротивление теплопередаче горизонтальных ограждений теплого чердака при этом составляет $R_{pr}^{g,c} + R_{pr}^{g,f} = 0,3 + 1,2 = 1,5$ ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) при требуемом значении $R_{c,req}^r = 4,6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ и проектном, принятом первоначально при со-
вмещенном покрытии $R_c^r = 4,64 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

4.3. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОДВАЛОВ

4.3.1. Технические подвалы (техподполье) – это подвалы при наличии в них нижней разводки труб систем отопления, горячего водоснабжения, а также труб системы водоснабжения и канализации.

Расчет ограждающих конструкций техподполий следует выполнять по приведенной в п.п. 4.3.2-4.3.6 последовательности.

4.3.2. Нормируемое сопротивление теплопередаче $R_{req}^{b,w}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, части цокольной стены, расположенной выше уровня грунта принимают не менее $1,7 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. При этом в качестве расчетной температуры внутреннего воздуха принимают расчетную температуру воздуха в техподполье t_{int}^b , $^\circ\text{C}$, равную не менее плюс 2°C при расчетных условиях. Проектное значение сопротивления теплопередаче части цокольной стены $R_{pr}^{b,w}$, расположенной выше уровня грунта принимают из условия: $R_{pr}^{b,w} \geq R_{req}^{b,w}$.

4.3.3. Определяют приведенное сопротивление теплопередаче $R_f^{r,s}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций заглубленной части техподполья, расположенных ниже уровня земли.

Для неутепленных полов на грунте, в случае, когда материалы пола и стены имеют расчетные коэффициенты теплопроводности $\lambda_b \geq 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, приведенное сопротивление теплопередаче $R_f^{r,s}$ определяют по табл. 20 в зависимости от суммарной длины L , м, включающей ширину техподполья и две высоты части наружных стен, заглубленных в грунт.

**Приведенное сопротивление теплопередаче $R_f^{r,s}$ ограждений
техподполья, заглубленных в грунт**

L, м	4	8	10	12	14	16
$R_o^{r,s}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	2,15	2,86	3,31	3,69	4,13	4,52

Для утепленных полов на грунте в случае, когда материалы пола и стены имеют расчетные коэффициенты теплопроводности $\lambda_B < 1,2 \text{ Вт}/(м \cdot ^\circ C)$, приведенное сопротивление теплопередаче $R_f^{r,s}$ определяют по нормативной документации.

4.3.4. Нормируемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над техподпольем $R_{req}^{b,c}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$, определяют по формуле:

$$R_{req}^{b,c} = n \cdot R_{req}^r, \quad (41)$$

где R_{req}^r - нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытий над неотапливаемым подпольем и подвалом, определяемое согласно табл. 10 (графа 5) настоящих рекомендаций в зависимости от типа здания;

n – коэффициент, определяемый по формуле:

$$n = \frac{t_{int} - t_{int}^b}{t_{int} - t_{ext}} \quad (42)$$

где t_{int} , t_{ext} – то же, что и в формуле (8);

t_{int}^b - то же, что и в п. 4.3.2.

Проектное значение сопротивления теплопередаче цокольного перекрытия над техподпольем $R_{pr}^{b,c}$ принимают из условия:

$$R_{pr}^{b,c} \geq R_{req}^{b,c}.$$

4.3.5. Фактическое значение температуры воздуха в техподполье $\bar{t}_{int}$, $^\circ C$ определяют по формуле:

$$t_{\text{int}}^{\text{б}} = \frac{\left[\frac{t_{\text{int}} \cdot A_{\text{б}}}{R_{\text{пр}}^{\text{б.с}}} + \sum_{i=1}^n q_{\text{pi}} \cdot l_{\text{pi}} + 0,278 \cdot V_{\text{б}} \cdot n_{\alpha} \cdot \rho \cdot t_{\text{ext}} + \frac{t_{\text{ext}} \cdot A_{\text{с}}}{R_{\text{ф}}^{\text{р.с}}} + \frac{t_{\text{ext}} \cdot A_{\text{б.в}}}{R_{\text{пр}}^{\text{б.в}}} \right]}{\left[\frac{A_{\text{б}}}{R_{\text{пр}}^{\text{б.с}}} + 0,278 \cdot V_{\text{б}} \cdot n_{\alpha} \cdot \rho + \frac{A_{\text{с}}}{R_{\text{ф}}^{\text{р.с}}} + \frac{A_{\text{б.в}}}{R_{\text{пр}}^{\text{б.в}}} \right]}, \quad (43)$$

где t_{int} - расчетная температура воздуха в помещении над техподпольем, °C;

t_{ext} - то же, что и в формуле (8);

$q_{\text{pi}}, l_{\text{pi}}$ - то же, что и в формуле (35);

$A_{\text{б}}$ - площадь техподполья (цокольного перекрытия), м²;

$R_{\text{пр}}^{\text{б.с}}$ - проектное значение сопротивления теплопередаче цокольного перекрытия, м²·°C/Вт, устанавливаемое согласно требованиям п. 4.3.4;

$V_{\text{б}}$ - объем воздуха, заполняющего пространство техподполья, м³;

n_{α} - кратность воздухообмена в подвале, ч⁻¹, принимаемая: при прокладке в подвале газовых труб $n_{\alpha} = 1,0$ ч⁻¹, в остальных случаях $n_{\alpha} = 0,5$ ч⁻¹;

ρ - плотность воздуха в техподполье, кг/м³, принимаемая равной $\rho = 1,2$ кг/м³;

$A_{\text{с}}$ - площадь пола и стен техподполья, контактирующих с грунтом, м²;

$R_{\text{ф}}^{\text{р.с}}$ - то же, что и в п. 4.3.3;

$A_{\text{б.в}}$ - площадь наружных стен техподполья, расположенных выше уровня земли, м²;

$R_{\text{пр}}^{\text{б.в}}$ - проектное значение сопротивления теплопередаче части цокольной стены, расположенной выше уровня грунта, устанавливаемое согласно требованиям п. 4.3.2.

Если значение температуры воздуха в техподполье $t_{\text{int}}^{\text{б}}$, вычисленное по формуле (43) отличается от первоначально заданной в

п. 4.3.2 температуры t_{int}^b , расчет повторяют по методике п.п. 4.3.3-4.3.5 до достижения следующего условия:

$$t_{\text{int}}^{\bar{b}} \geq t_{\text{int}}^b. \quad (44)$$

4.3.6. Наружные стены техподполья, расположенные выше уровня грунта, проверяют на невыпадение конденсата на их внутренних поверхностях. Температуру внутренней поверхности наружных стен техподполья $\tau_{b.w}$, расположенных выше уровня грунта, следует определять по формуле:

$$\tau_{b.w} = t_{\text{int}}^{\bar{b}} - \frac{t_{\text{int}}^{\bar{b}} - t_{\text{ext}}}{R_{\text{pr}}^{b.w} \cdot \alpha_{\text{int}}}, \quad (45)$$

где t_{ext} - то же, что и в формуле (8);

$t_{\text{int}}^{\bar{b}}$ - то же, что и в формуле (43);

α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности наружного ограждения техподполья, Вт/(м²·°C), принимаемый равным 8,7 Вт/(м²·°C).

$R_{\text{pr}}^{b.w}$ - проектное сопротивление теплопередаче наружных стен технического подвала, расположенных выше уровня грунта, м² °C/Вт.

Значение точки росы t_d , °C, вычисляется следующим образом:

- рассчитывается парциальное давление водяного пара воздуха в техподполье e_b , гПа, по формуле:

$$e_b = \frac{f_b \cdot \left(1 + \frac{t_{\text{int}}^{\bar{b}}}{273} \right)}{0,794}, \quad (46)$$

где f_b – влагосодержание наружного воздуха, принимаемое при расчетной температуре наружного воздуха $t_{\text{ext}} =$ минус 26 °C и среднем за январь парциальном давлении водяного пара 3,3 гПа (по табл. 8) равным 3 г/м³;

$t_{\text{int}}^{\bar{b}}$ - то же, что и в формуле (43).

- по таблицам парциального давления насыщенного водяного

пара согласно Приложению 5 определяется численное значение точки росы t_d по значению $E = e_b$.

Полученное значение t_d сопоставляется со значением $\tau_{b.w}$ на удовлетворение условия: $t_d < \tau_{b.w}$.

4.3.7. Пример расчета приведен ниже.

Пример расчета ограждающих конструкций техподполья

Исходные данные

Место строительства - г. Санкт-Петербург.

Тип здания - 9^{ти} –этажный жилой дом, с нижней разводкой труб систем отопления и горячего водоснабжения в техподполье.

Расчетная температура наружного воздуха $t_{ext} = -26$ °С.

Расчетная температура внутреннего воздуха $t_{int} = 20$ °С.

Расчетная температура воздуха в подвале $t_{int}^b = 2$ °С.

Градусо-сутки отопительного периода $D_d = 4796$ °С сут.

Площадь цокольного перекрытия (над техподпольем)
 $A_b = 284,0$ м².

Ширина техподполья - 14,2 м.

Высота наружной стены подвала над уровнем земли - 1,45 м.

Высота наружной стены подвала, заглубленной в грунт - 1,05 м.

Площадь наружных стен техподполья, расположенных выше уровня грунта $A_{b.w} = 99,2$ м².

Площадь наружных стен техподполья, заглубленных в грунт –
 $A_{w.s} = 71,8$ м².

Площадь пола техподполья, заглубленного в грунт –
 $A_{f.s} = 284$ м².

Площадь пола и стен техподполья, контактирующих с грунтом:
 $A_s = 355,8$ м².

Объем подвала $V_b = 710,0$ м³.

Кухни в квартирах - с электроплитами, кратность воздухообмена - $n_a = 0,5$ ч⁻¹.

Расчетные температуры теплоносителя:

- в системы отопления нижней разводки: прямой – 95 °С, обратной – 70 °С;

- в системе горячего водоснабжения – 60 °С.

Длина трубопроводов системы отопления, проложенных в техподполье, составляет:

d, мм	80	70	50	40	32	25	20
l_{pi} , м	3-95°C 3-70°C	10,5-95°C 10,5-70°C	12,5-95°C 12,5-70°C	3-95°C 3-70°C	8,5-95°C 8,5-70°C	15-95°C 15-70°C	6,5-95°C 6,5-70°C

Длина трубопроводов горячего водоснабжения, проложенных в техподполье, составляет:

d, мм	40	25
l_{pi} , м	18-60 °С	42-60 °С

Порядок расчета

1. Требуемое сопротивление теплопередаче части цокольной стены, расположенной выше уровня грунта $R_{req}^{b.w} = 1,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (согласно п. 4.3.2).

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен подвала, расположенных выше уровня грунта, в принятой по проекту конструкции составляет $R_{pr}^{b.w} = 2,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

2. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций заглубленной части техподполья $R_f^{r.s}$ определяется согласно п. 4.3.3 настоящих рекомендаций.

Сопротивление теплопередаче участков ограждающих конструкций подвала, контактирующих с грунтом:

- утепленной части наружной стены техподполья зоны:
 $A_{w.s} = 71,8 \text{ м}^2$, $R_w^{r.s} = 6,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$;

- неутепленного пола техподполья, - по табл. 20 -
 $R_f^{r.s} = 4,52 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (суммарная длина L поперечного сечения ограждений техподполья, заглубленных в грунт, составляет $14,2 + 2 \cdot 1,05 = 16,3 \text{ (м)}$).

Тогда приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен и пола, контактирующих с грунтом, составит:

$$\sum R_f^{r,s} = \frac{A_s}{\frac{A_{w,s}}{R_w^{r,s}} + \frac{A_{f,s}}{R_f^{r,s}}} = \frac{355,8}{\frac{71,8}{6,2} + \frac{284}{4,52}} = 4,78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} ;$$

3. Требуемое приведенное сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над техподпольем R_{req}^r жилого здания, согласно табл. 10 (графа 5) настоящих рекомендаций, составляет $4,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

По формуле (41), согласно п. 4.3.4, вычислим значение требуемого сопротивления теплопередаче цокольного перекрытия $R_{\text{req}}^{b,c}$:

$$R_{\text{req}}^{b,c} = n \cdot R_{\text{req}}^r ,$$

где n - коэффициент, определяемый при принятой минимальной температуре воздуха в подвале $t_{\text{int}}^b = 2 \text{ °C}$:

$$n = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{int}}^b}{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}} = \frac{20 - 2}{20 + 26} = 0,39 .$$

Тогда $R_{\text{req}}^{b,c} = 0,39 \cdot 4,06 = 1,58 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} ;$

Приведенное сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия (в принятой по проекту конструкции утепленного перекрытия над техподпольем) составляет $R_{\text{pr}}^{b,c} = 2,18 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

4. Согласно п. 4.3.5 определим фактическое значение температуры воздуха в техподполье $t_{\text{int}}^{\bar{b}}$.

Предварительно рассчитаем теплоступления от трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения, используя данные табл. 16. При температуре воздуха в техподполье $t_{\text{int}}^b = 2 \text{ °C}$ плотность теплового потока от трубопроводов возрастет по сравнению со значениями, приведенными в табл. 19 (рассчитанными при средней температуре окружающего воздуха 18 °C). Пересчитанные по формуле (37) значения теплового потока от трубопроводов систем отопле-

ния и горячего водоснабжения (при проектных значениях температуры теплоносителя и диаметров трубопроводов) представлены в табл. 21.

Таблица 21

Плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции трубопроводов на чердаках и в подвалах при расчетной температуре воздуха в техподполье $t_{\text{int}}^b = 2^\circ\text{C}$

Условный диаметр трубопровода, мм	Средняя температура теплоносителя, °C		
	60	70	95
	Линейная плотность теплового потока q_{pi} , Вт/м		
20	-	17,9	23,1
25	18,2	20,3	26,0
32	-	22,3	28,3
40	22,1	24,4	30,5
50	-	25,0	31,9
70	-	28,6	36,1
80	-	32,2	40,5

Рассчитаем теплоступления от трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения на основе исходных данных для труб и соответствующих значений q_{pi} , принимаемых по табл. 21 (при температуре окружающего воздуха 2°C):

$$\left(\sum_{i=1}^n q_{\text{pi}} \cdot l_{\text{pi}} \right) = \left(18,2 \cdot 42 + 22,1 \cdot 18 + 17,9 \cdot 6,5 + 20,3 \cdot 15 + 22,3 \cdot 8,5 + 24,4 \cdot 3 + 25,0 \cdot 12,5 + 28,6 \cdot 10,5 + 32,2 \cdot 3 + 23,1 \cdot 6,5 + 26,0 \cdot 15 + 28,3 \cdot 8,5 + 30,5 \cdot 3 + 31,9 \cdot 12,5 + 36,1 \cdot 10,5 + 40,5 \cdot 3 \right) = 4326,7 \text{ Вт}.$$

Тогда фактическое значение температуры воздуха в техподполье t_{int}^b , рассчитанное по формуле (43), составит:

$$t_{\text{int}}^{\text{b}} = \frac{\left[\frac{t_{\text{int}} \cdot A_{\text{b}}}{R_{\text{pr}}^{\text{b.c}}} + \sum_{i=1}^n q_{\text{pi}} \cdot l_{\text{pi}} + 0,278 \cdot V_{\text{b}} \cdot n_{\alpha} \cdot \rho \cdot t_{\text{ext}} + \frac{t_{\text{ext}} \cdot A_{\text{s}}}{R_{\text{f}}^{\text{r.s}}} + \frac{t_{\text{ext}} \cdot A_{\text{b.w}}}{R_{\text{pr}}^{\text{b.w}}} \right]}{\left[\frac{A_{\text{b}}}{R_{\text{pr}}^{\text{b.c}}} + 0,278 \cdot V_{\text{b}} \cdot n_{\alpha} \cdot \rho + \frac{A_{\text{s}}}{R_{\text{f}}^{\text{r.s}}} + \frac{A_{\text{b.w}}}{R_{\text{pr}}^{\text{b.w}}} \right]} =$$

$$= \frac{\left[\frac{20 \cdot 284}{2,18} + 4326,7 - 0,278 \cdot 710 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot 26 - \frac{26 \cdot 355,8}{4,78} - \frac{26 \cdot 99,2}{2,25} \right]}{\left[\frac{284}{2,18} + 0,278 \cdot 710 \cdot 0,5 \cdot 1,2 + \frac{355,8}{4,78} + \frac{99,2}{2,25} \right]} = 2,1 \text{ } (^{\circ}\text{C});$$

Условие (44) выполнено.

Тепловой поток через цокольное перекрытие в этом случае составляет:

$$q^{\text{b.c}} = \frac{(20 - 2,1)}{2,18} = 8,2 \text{ } (\text{Вт/м}^2);$$

5. Проверим наружные стены техподполья, расположенные выше уровня грунта, на невыпадение конденсата. Рассчитаем температуру на внутренней поверхности наружных стен техподполья по формуле (45):

$$\tau_{\text{b.w}} = t_{\text{int}}^{\text{b}} - \frac{(t_{\text{int}}^{\text{b}} - t_{\text{ext}})}{R_{\text{pr}}^{\text{b.w}} \cdot \alpha_{\text{int}}} = 2,1 - \frac{(2,1 + 26)}{2,18 \cdot 8,7} = 0,62 \text{ } (^{\circ}\text{C});$$

6. Парциальное давление водяного пара воздуха в техподполье определяют по формуле (46):

$$e_{\text{b}} = \frac{f_{\text{b}} \cdot \left(1 + \frac{t_{\text{int}}^{\text{b}}}{273} \right)}{0,794} = \frac{3 \cdot \left(1 + \frac{2,1}{273} \right)}{0,794} = 3,81 \text{ } (\text{Па});$$

По Приложению 6 (табл. 6.1) находим численное значение точки росы $t_{\text{d}} = \text{минус } 5,6 \text{ } (^{\circ}\text{C})$, что значительно меньше температуры на поверхности наружной стены техподполья $\tau_{\text{b.w}}$ равной плюс $0,62 \text{ } (^{\circ}\text{C})$, что свидетельствует о низкой вероятности образования конденсата.

4.4. СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

4.4.1. Методика выбора светопрозрачных ограждающих конструкций с требуемым уровнем тепловой защиты

Светопрозрачные ограждающие конструкции подбирают по следующей методике.

4.4.1.1. Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче R_{req}^r светопрозрачных конструкций следует определять по табл. 10 Пособия.

4.4.1.2. Выбор светопрозрачной конструкции осуществляется по значению приведенного сопротивления теплопередаче R_o^r , $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, полученному по результатам испытаний или расчетов температурных полей.

4.4.1.3. При отсутствии результатов испытаний допускается использовать при проектировании значения R_o^r , приведенные в Приложении 7.

4.4.1.4. Расчетный метод определения приведенного сопротивления теплопередаче оконных и дверных балконных блоков с примером расчета приведен в п. 4.4.2.

4.4.1.5. Если приведенное сопротивление теплопередаче выбранной светопрозрачной конструкции R_o^r больше или равно нормируемого значения R_{req}^r , то эта конструкция удовлетворяет нормативным требованиям.

4.4.1.6. Температуру внутренней поверхности τ_{int} , $^\circ\text{C}$, оконных и дверных балконных блоков необходимо принимать на основе расчета температурных полей либо экспериментально по ГОСТ 26602.1. Пример расчета температурного режима сопряжения наружной стены с оконным блоком представлен в п. 3.3 настоящего Пособия.

Если в результате расчета окажется, что $\tau_{\text{int}} < 3^\circ\text{C}$, то следует выбрать другое конструктивное решение заполнения светопроема с

целью обеспечения этого требования либо предусмотреть установку под окнами приборов отопления.

4.4.2. Расчетный метод определения приведенного сопротивления теплопередаче оконных и дверных балконных блоков

Сущность метода

Сущность метода заключается в определении приведенного сопротивления теплопередаче оконных и дверных балконных блоков как интегральной величины, характеризующей суммарные потери тепла через переплеты, остекление и непрозрачные участки заполнения балконных дверей, с учетом особенностей передачи тепла в краевых зонах.

Под краевой зоной понимается линейный участок (зона) сопряжения заполнения светопрозрачной части оконного блока или непрозрачной части балконной двери с переплетами (рис. 14).

В общем случае величина приведенного сопротивления теплопередаче оконного или дверного балконного блока $R_{o,F}^r$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, может быть рассчитана по формуле:

$$R_{o,F}^r = \frac{A_F}{\left(\frac{A_f}{R_{o,f}^r} + \frac{A_g}{R_{o,g}^r} + \frac{A_b}{R_{o,b}^r} + \psi_g \cdot L_g + \psi_b \cdot L_b \right)}, \quad (47)$$

где A_F – общая площадь оконного или дверного балконного блока, м^2 ;

A_f , A_g , A_b – площади соответственно переплетов, остекления и непрозрачного заполнения балконных дверей, м^2 ;

$R_{o,f}^r, R_{o,g}^r, R_{o,b}^r$ – приведенное сопротивление теплопередаче соответственно переплетов, остекления и непрозрачного заполнения балконных дверей, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

ψ_g , ψ_b – линейный коэффициент теплопередаче в краевых зонах соответственно переплетов и непрозрачного заполнения балконных дверей, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;

L_g , L_b – длина краевых зон, м.

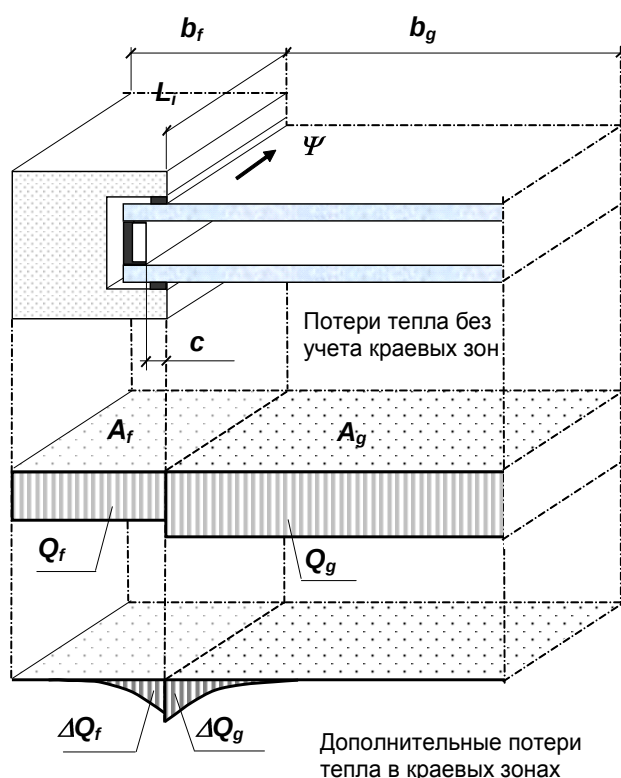


Рис. 14. Схема распределения тепловых потоков через остекление и переплеты оконных блоков с учетом краевых зон

При проведении расчетов величины Ψ_g , Ψ_b принимаются по табл. 22, табл. 23 в зависимости от конструктивного решения стеклопакетов, типа и материала дистанционных рамок, заглубления дистанционных рамок в переплете, материала и конструктивного решения переплетов.

При заполнении непрозрачной части оконных и дверных балконных блоков теплоизоляционными плитами (панелями) с коэффициентом теплопроводности не более $0,06 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ величина коэффициента Ψ_b принимается равной 0.

При необходимости величина коэффициента Ψ может быть уточнена на основании моделирования теплового режима конструкции по компьютерной программе расчета температурных полей.

Таблица 22

**Расчетные значения линейного коэффициента теплопередачи Ψ_g
для листового стекла**

Толщина стекла, мм	Значения линейного коэффициента теплопередачи Ψ_g
4	0,030
6	0,035
8	0,041
10	0,047

Таблица 23

**Расчетные значения линейного коэффициента теплопередачи Ψ_g
для однокамерных и двухкамерных стеклопакетов**

Ширина дистанционных рамок	Значения линейного коэффициента теплопередачи Ψ_g при различной степени заглубления дистанционной рамки относительно грани штапика c								
	Дистанционные рамки из алюминиевых сплавов			Дистанционные рамки из нержавеющей стали			Дистанционные рамки из ПВХ, Termix, TPS и т. п.		
	$c = 0$	$c = 5$	$c = 10$	$c = 0$	$c = 5$	$c = 10$	$c = 0$	$c = 5$	$c = 10$
Однокамерные стеклопакеты									
6	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01
10	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02
14	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03
18	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,02	0,03	0,03
22	0,07	0,06	0,05	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04
Двух камерные стеклопакеты									
6	0,05	0,04	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02
10	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03
14	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
18	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,04	0,04	0,03
22	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04

Примечания:

1. Значения ψ_g , представленные в таблице, соответствуют дистанционным рамкам с толщиной стенок: из алюминия и нержавеющей стали – 0,25 мм; из ПВХ – 1,0 мм; для рамок типа TPS -5-7 мм.
2. Значения ψ_g , представленные в таблице, рассчитаны для оконных блоков из древесины и ПВХ. Для оконных блоков из алюминиевых сплавов с термовставками по ГОСТ 22233 представленные в таблице значения следует увеличить на 15 %.
3. Для оконных блоков из алюминиевых сплавов без термовставок $\psi_g = 0$.
4. При заполнении непрозрачной части оконных и дверных балконных блоков теплоизоляционными плитами (панелями) с коэффициентом теплопроводности утепляющего материала не более 0,06 Вт/(м·°С) величина $\psi_b = 0$.

Определение геометрических размеров и составление расчетных схем оконных блоков различного конструктивного решения

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче оконного или дверного балконного блока проводится по расчетной схеме, составленной с учетом следующих допущений и ограничений:

- криволинейные очертания отдельных элементов, а также конструкции сложной формы заменяются прямыми линиями и прямоугольными фигурами;
- одинарные и спаренные переплеты представляются в виде единого элемента, размерами и конфигурацией аналогичного рассчитываемой конструкции;
- отдельные переплеты представляются в виде двух составных элементов, состоящих из наружного переплета (наружной створки с частью оконной коробки);
- спаренные переплеты представляются в виде одного элемента, включающего оконную коробку и две створки;
- толщина стеклопакетов или листового стекла, глубина их посадки в профиле, а также величина заглубления дистанционных рамок стеклопакетов относительно грани штапиков принимаются равными

геометрическим размерам рассчитываемой конструкции;

- коэффициенты теплоотдачи внутренней α_{int} и наружной α_{ext} поверхностей принимаются равными по всей площади соответствующей поверхности.

Примеры расчетных схем основных конструктивных решений оконных блоков приведены на рис. 15.

Геометрические размеры и площади оконных блоков определяют с учетом следующих правил:

- общая площадь оконного блока A_F определяется по габаритным размерам;

- площадь остекления A_g определяется по наименьшим размерам «в свету»;

- площадь непрозрачного заполнения балконных дверей A_b определяется аналогично остеклению по наименьшим размерам «в свету»;

- площадь переплетов A_f рассчитывается как разность между общей площадью оконного блока A_F , площадью остекления A_g и площадью непрозрачной части заполнения балконных дверей A_b ;

- длина краевой зоны заполнения балконных дверей L_b принимается равной суммарной длине участков сопряжения переплетов с непрозрачным заполнением.

Расчетные схемы для определения площадей остекления, переплетов, размеров краевых зон оконных и дверных балконных блоков приведены на рис. 16.

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче оконных блоков различного конструктивного решения

Приведенное сопротивление теплопередаче оконных и дверных балконных блоков с одинарными переплетами и остеклением стеклопакетами или листовым стеклом (см. рис. 15 а, б) рассчитывают по формуле (47) с учетом следующих особенностей:

- величина приведенного сопротивления теплопередаче переплетов $R_{o,f}^r$ принимается по результатам испытаний в соответствии с

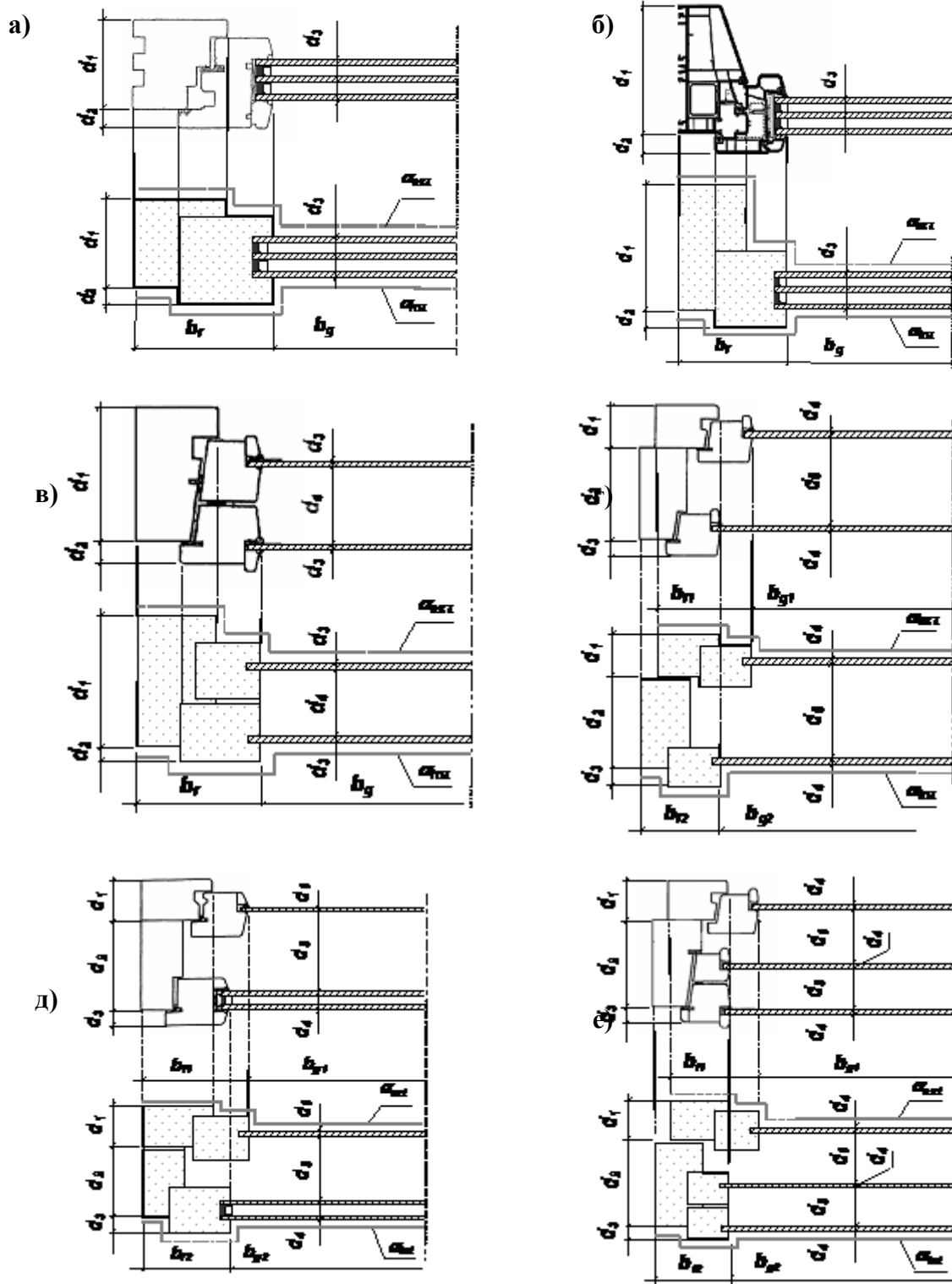


Рис. 15. Примеры расчетных схем оконных блоков различного конструктивного решения: а, б – в одинарных переплетах; в – в спаренных переплетах с листовым остеклением; г – в раздельных переплетах с листовым остеклением; д – в раздельных переплетах с листовым стеклом и стеклопакетами; е – в раздельно-спаренных переплетах с листовым остеклением

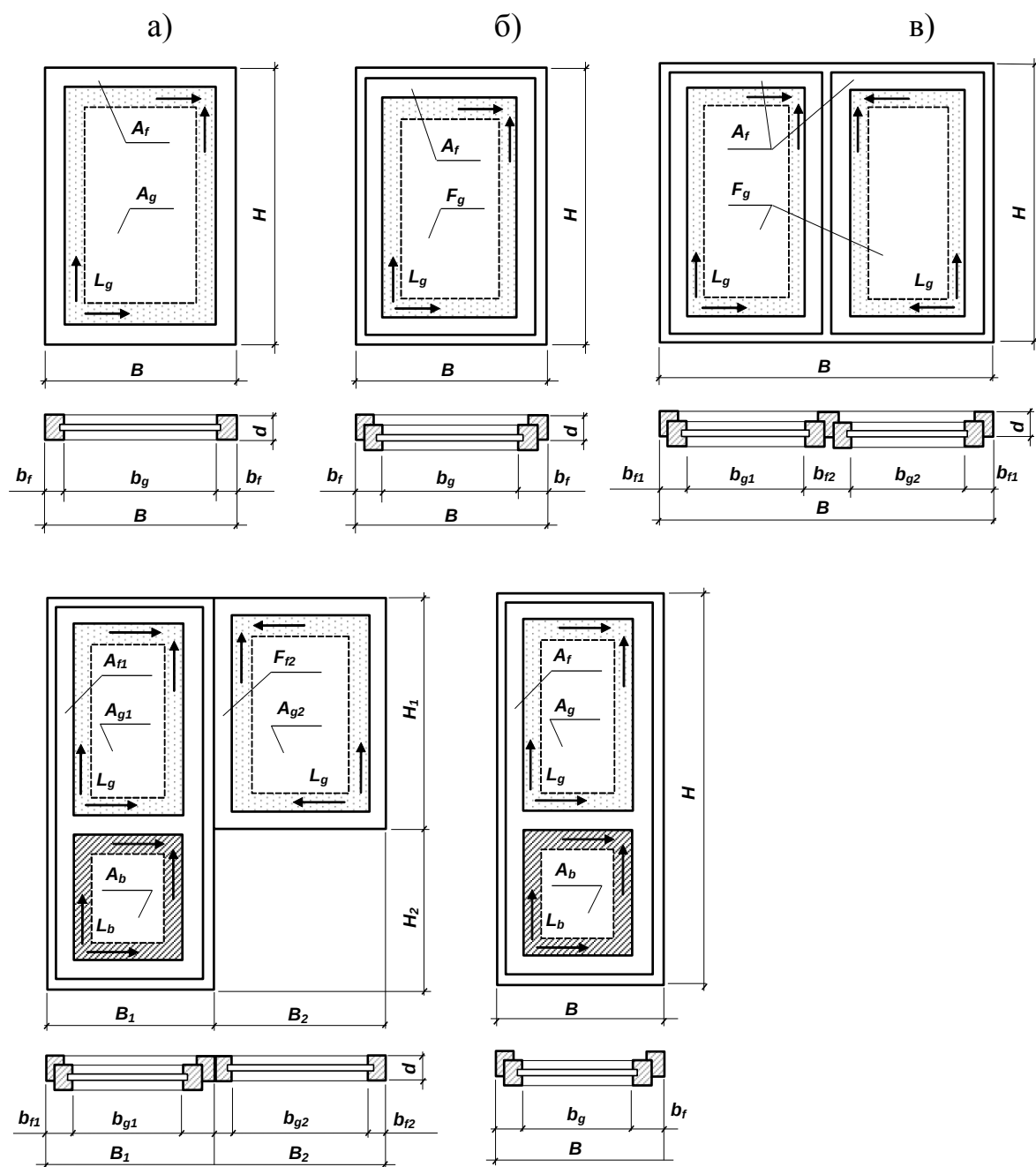


Рис. 16. Расчетные схемы для определения площадей остекления, переплетов и размеров краевых зон оконных и дверных балконных блоков различного конструктивного решения:
а – оконный блок без створки;
б – оконный блок с открывающей створкой;
в – оконный блок с двумя створками; г – балконный блок;
д – балконная дверь

ГОСТ 26602.1 или по результатам расчетов температурных полей при замене остекления теплоизоляционной плитой аналогичной толщины с коэффициентом теплопроводности $\lambda \leq 0,035 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$;

- при использовании в переплетах профилей с различными теплозащитными качествами (например, импостов, штапелювых притворов и т. п.) их площадь может быть рассчитываться отдельно и вводиться в расчет с учетом фактического сопротивления теплопередаче;

- сопротивление теплопередаче остекления (светопрозрачной части) $R_{o,g}^r$ принимается для центральной термически однородной зоны по результатам испытаний в соответствии с ГОСТ 26602.1;

- величины линейных коэффициентов теплопередачи в краевых зонах Ψ_g, Ψ_b принимаются по табл. 22, табл. 23;

- величина приведенного сопротивления теплопередаче непрозрачного заполнения балконных дверей $R_{o,b}^r$ рассчитывается с учетом толщины d_i и коэффициентов теплопроводности λ_i материала отдельных слоев по формуле:

$$R_{o,b}^r = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}}, \quad (48)$$

где $\alpha_{\text{int}}, \alpha_{\text{ext}}$ – то же, что и в формуле (24).

Приведенное сопротивление теплопередаче оконных блоков с отдельными переплетами (см. рис. 15, г, д) рассчитывают как сумму приведенных сопротивлений теплопередаче двух оконных блоков с учетом термического сопротивления замкнутой воздушной прослойки, расположенной между ними:

$$R_{o,F}^r = R_{o,F1}^r + R_{o,F2}^r + R_{\alpha,\ell} - \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}}, \quad (49)$$

где $R_{o,F1}^r$ - приведенное сопротивление теплопередаче блока, состоящего из наружной створки и части примыкающей оконной коробки, $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{С/Вт}$;

$R_{o,F2}^r$ - приведенное сопротивление теплопередаче блока, состоящего из внутренней створки и части примыкающей оконной коробки, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{\alpha.l}$ - термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, принимаемое по табл. 14;

$\alpha_{\text{int}}, \alpha_{\text{ext}}$ – то же, что и в формуле (24).

Значения приведенных сопротивлений теплопередаче $R_{o,F1}^r$ и $R_{o,F2}^r$ рассчитывают по формуле (47) с учетом геометрических размеров конструкций и заполнения светопрозрачной части (рис. 17).

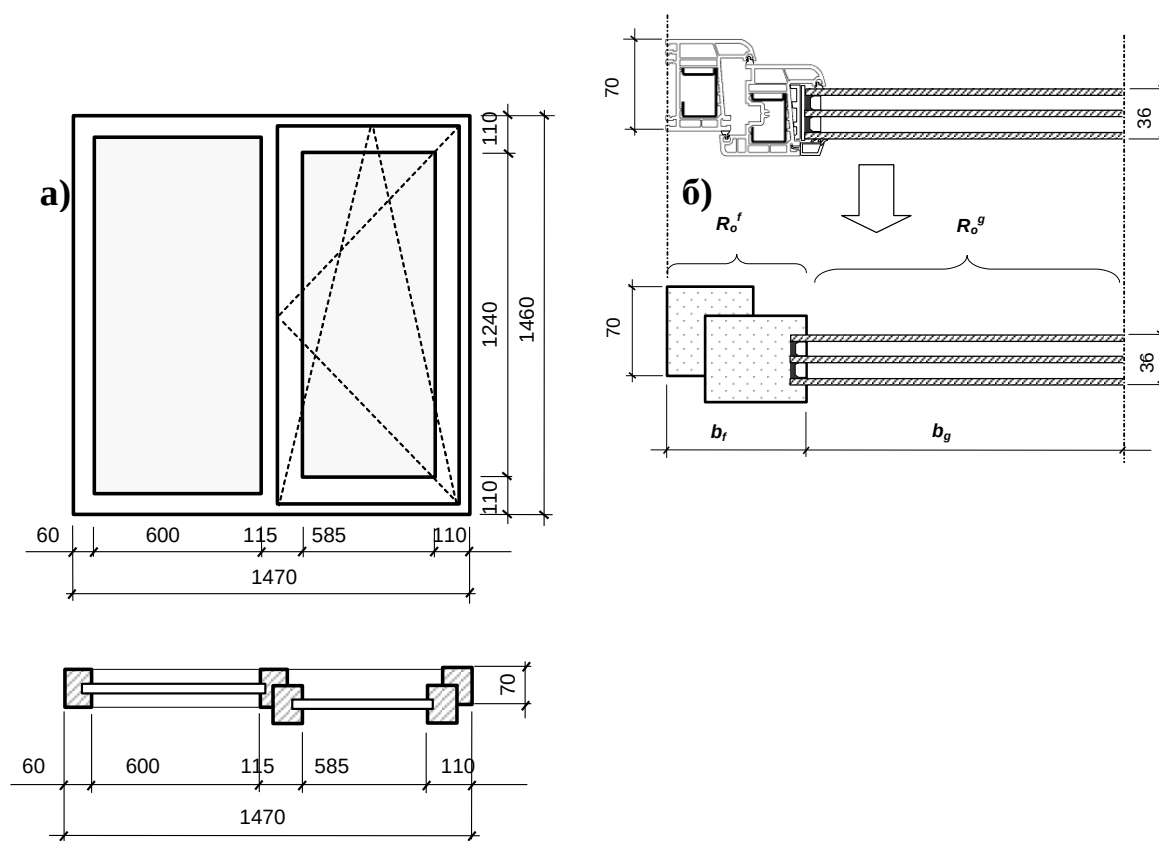


Рис. 17. Основные размеры (а) и расчетная схема (б) оконного блока из ПВХ-профилей в одинарных переплетах

Величины приведенных сопротивлений теплопередаче переплетов $R_{o,f1}^r$ и $R_{o,f2}^r$ принимают либо по результатам испытаний согласно ГОСТ 26602.1, либо по результатам расчетов температурных полей.

Приведенное сопротивление теплопередаче оконных блоков со спаренными переплетами (см. рис. 15, в) рассчитывается по формуле (47) с учетом следующих особенностей:

- приведенное сопротивление теплопередаче переплетов $R_{o,f}^r$ принимается по результатам испытаний в соответствии с ГОСТ 26602.1 или рассчитывается по компьютерной программе расчета температурных полей как одного элемента, состоящего из коробки и двух створок;

- сопротивление теплопередаче остекления $R_{o,g}^r$ рассчитывается по формуле:

$$R_{o,g}^r = R_{o,g1}^r + R_{o,g2}^r + R_{\alpha,\ell} - \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}}, \quad (50)$$

где $R_{o,g1}^r, R_{o,g2}^r$ - сопротивление теплопередаче остекления наружной и внутренней створок, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{\alpha,\ell}$ - термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, расположенной между остеклением наружной и внутренней створок, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, принимаемое по табл. 14;

$\alpha_{\text{int}}, \alpha_{\text{ext}}$ – то же, что и в формуле (24).

Последовательность расчета приведенного сопротивления теплопередаче

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче оконных или дверных балконных блоков проводится в следующей последовательности:

- определяются (задаются) размеры и конфигурация оконного или дверного балконного блока;

- уточняются конструктивное решение переплетов, остекления, заполнения непрозрачной части балконных дверей, тип дистанцион-

ных рамок стеклопакетов и их заглубление относительно грани штапика;

- задаются коэффициенты теплоотдачи наружной и внутренней поверхностей;

- составляется расчетная схема оконного блока;

- по справочным данным или протоколам испытаний определяются приведенное сопротивление теплопередаче профильной системы (переплетов) $R_{o,f}^r$ и центральной части остекления $R_{o,g}^r$, при необходимости величина $R_{o,f}^r$ рассчитывается по компьютерной программе расчета температурных полей;

- по табл. 22, табл. 23 определяются величины линейных коэффициентов теплопередачи в краевых зонах Ψ_g , Ψ_b ;

- в соответствии с исходными данными рассчитываются общая площадь оконного или дверного балконного блока A_F , площадь остекления A_g , переплетов A_f , непрозрачного заполнения A_b ;

- по формулам (47) – (50) рассчитывается величина $R_{o,F}^r$.

Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче оконного блока из ПВХ-профилей

Определить приведенное сопротивление теплопередаче оконного блока из ПВХ-профилей – ОП ОСП 15-15 ГОСТ 30674 с двухкамерными стеклопакетами из обычного стекла СПД 4М₁-12-4М₁-12-4М₁ ГОСТ 24866 (рис. 17). Дистанционные рамки стеклопакетов выполнены из нержавеющей стали.

Приведенное сопротивление теплопередаче профильной системы по результатам сертификационных испытаний составило $R_{o,f}^r = 0,79 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Приведенное сопротивление теплопередаче центральной зоны стеклопакетов $R_{o,g}^r = 0,53 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

В соответствии с исходными данными определяем: $A_F = 2,146 \text{ м}^2$, $A_g = 1,529 \text{ м}^2$, $A_f = 0,617 \text{ м}^2$, $L_g = 7,5 \text{ м}^2$.

По табл. 23 принимаем для двухкамерного стеклопакета с дис-

танционными рамками из нержавеющей стали при глубине посадки стеклопакета в переплетах $b = 5$ мм, $\Psi_{\text{ост}} = 0,05$.

Рассчитываем по формуле (47) величину приведенного сопротивления теплопередаче оконного блока:

$$R_{o,F}^r = \frac{A_F}{\left(\frac{A_f}{R_{o,f}^r} + \frac{A_g}{R_{o,g}^r} + \psi_g \cdot L_g \right)} = \frac{2,146}{\left(\frac{0,617}{0,79} + \frac{1,529}{0,53} + 0,05 \cdot 7,5 \right)} = 0,53 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

4.5. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ОСТЕКЛЕННЫХ ЛОДЖИЙ И БАЛКОНОВ

4.5.1. При остеклении лоджий и балконов образуется замкнутое пространство, температура которого формируется в результате воздействия его ограждающих конструкций, среды помещения здания и наружных условий. Температура внутри этого пространства определяется на основе решения уравнения теплового баланса остекленной лоджии или балкона (далее - лоджии):

$$(t_{\text{int}} - t_{\text{bal}}) \cdot \sum_{i=1}^n \frac{A_i^+}{R_{oi}^+} = t_{\text{bal}} - t_{\text{ext}} \cdot \sum_{j=1}^m \frac{A_j^-}{R_{oj}^-}, \quad (51)$$

где t_{int} , t_{ext} – то же, что и в формуле (8);

t_{bal} - температура воздуха пространства остекленной лоджии, °C;

A_i^+ , R_{oi}^+ - соответственно площадь, м^2 , и приведенное сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, i -го участка ограждения между помещением здания и лоджией;

n - число участков ограждений между помещением здания и лоджией;

A_j^- , R_{oj}^- - соответственно площадь, м^2 , и приведенное сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, j -го участка ограждения между лоджией и наружным воздухом;

m - число участков ограждений между лоджией и наружным воздухом.

4.5.2. Температуру воздуха внутри остекленной лоджии t_{bal} сле-

дует определять из уравнения теплового баланса по формуле:

$$t_{\text{bal}} = \frac{\left[t_{\text{int}} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{A_i^+}{R_{oi}^+} + t_{\text{ext}} \cdot \sum_{j=1}^m \frac{A_j^-}{R_{oj}^-} \right]}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{A_i^+}{R_{oi}^+} + \sum_{j=1}^m \frac{A_j^-}{R_{oj}^-} \right]}. \quad (52)$$

4.5.3. Приведенное сопротивление теплопередаче системы ограждающих конструкций остекленной лоджии, разделяющих внутреннюю и наружную среды: стен R_w^{bal} и окон R_F^{bal} следует определять по формулам:

$$R_w^{\text{bal}} = \frac{R_w^r}{n}; \quad R_F^{\text{bal}} = \frac{R_F^r}{n}. \quad (53)$$

где R_w^r - приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены в пределах остекленной лоджии, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

R_F^r - приведенное сопротивление теплопередаче заполнений оконных проемов и проемов лоджии, расположенных в наружной стене в пределах остекленной лоджии, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

n - коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждающих конструкций здания по отношению к наружному воздуху; для наружных стен и окон остекленной лоджии следует принимать по формуле:

$$n = \frac{\left(t_{\text{int}} - t_{\text{bal}} \right)}{\left(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}} \right)} \quad (54)$$

где t_{int} , t_{ext} – то же, что и в формуле (8).

4.5.4. Пример расчета приведен ниже.

Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче участков стен, расположенных за остекленными лоджиями и балконами

Цель расчета

Рассмотреть в какой мере остекление лоджии приводит к повышению приведенного сопротивления теплопередаче участков стен, расположенных за остекленной лоджией.

Исходные данные

Место строительства – г. Санкт-Петербург ($t_{\text{ext}} = \text{минус } 26\text{ }^{\circ}\text{C}$). Здание постройки до 2000 года.

Тип здания - шестиэтажное жилое здание с наружными стенами из керамического пустотелого кирпича толщиной 510 мм с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_w^r = 1,18\text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. В наружных стенах светопроемы заполнены оконными и дверными однокамерными стеклопакетами из обычного стекла в одинарном переплете с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_F^r = 0,35\text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Наружный торец лоджии выполнен из керамического пустотелого кирпича толщиной 510 мм с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_w^r = 1,32\text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. Непрозрачная часть наружного ограждения лоджии выполнена из полнотелого керамического кирпича толщиной 250 мм с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_w^r = 0,47\text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. Лоджии остеклены однокамерными стеклопакетами из обычного стекла в одинарном переплете с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_F^r = 0,35\text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. Над светопроемом лоджии уложена железобетонная перемычка толщиной 250 мм с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_F^r = 0,28\text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Температура внутреннего воздуха $t_{\text{int}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Требуется определить приведенное сопротивление теплопередаче системы ограждающих конструкций остекленной лоджии.

Порядок расчета

Согласно геометрическим показателям ограждений остекленной

лоджии, представленным на рис. 18, определены сопротивления теплопередаче R_i^r и площади A_i отдельных видов ограждений:

1. Наружная стена из керамического пустотелого кирпича толщиной 510 мм, $R_w^r = 1,18 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $A_w = 10,6 \text{ м}^2$.

2. Заполнение балконных и оконных проемов однокамерными стеклопакетами из обычного стекла в одинарном переплете, $R_F^r = 0,35 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $A_F = 5,93 \text{ м}^2$.

3. Торцевая стена лоджии из керамического пустотелого кирпича толщиной 510 мм, $R_w^r = 1,32 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $A_w = 2,78 \text{ м}^2$.

4. Непрозрачная часть наружного ограждения лоджии из полнотелого керамического кирпича толщиной 250 мм, $R_w^r = 0,47 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $A_w = 4,5 \text{ м}^2$.

5. Остекление лоджии однокамерными стеклопакетами из обычного стекла в одинарном переплете, $R_F^r = 0,35 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $A_F = 8,05 \text{ м}^2$.

6. Железобетонная перемычка над светопроемом лоджии толщиной 250 мм, $R_w^r = 0,28 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $A_w = 1,21 \text{ м}^2$.

Определим температуру воздуха на балконе t_{bal} при расчетных температурных условиях по формуле (52):

$$t_{\text{bal}} = \frac{20 \cdot \left(\frac{0,6}{1,18} + \frac{5,93}{0,35} \right) - 26 \cdot \left(\frac{2,78}{1,32} + \frac{4,5}{0,47} + \frac{8,05}{0,35} + \frac{1,21}{0,28} \right)}{\frac{0,6}{1,18} + \frac{5,93}{0,35} + \frac{2,78}{1,32} + \frac{4,5}{0,47} + \frac{8,05}{0,35} + \frac{1,21}{0,28}} = -7,63 (^\circ\text{C}).$$

По формуле (54) определим численное значение коэффициента n :

$$n = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{bal}}}{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}} = \frac{20 - (-7,63)}{20 - 26} = 0,6.$$

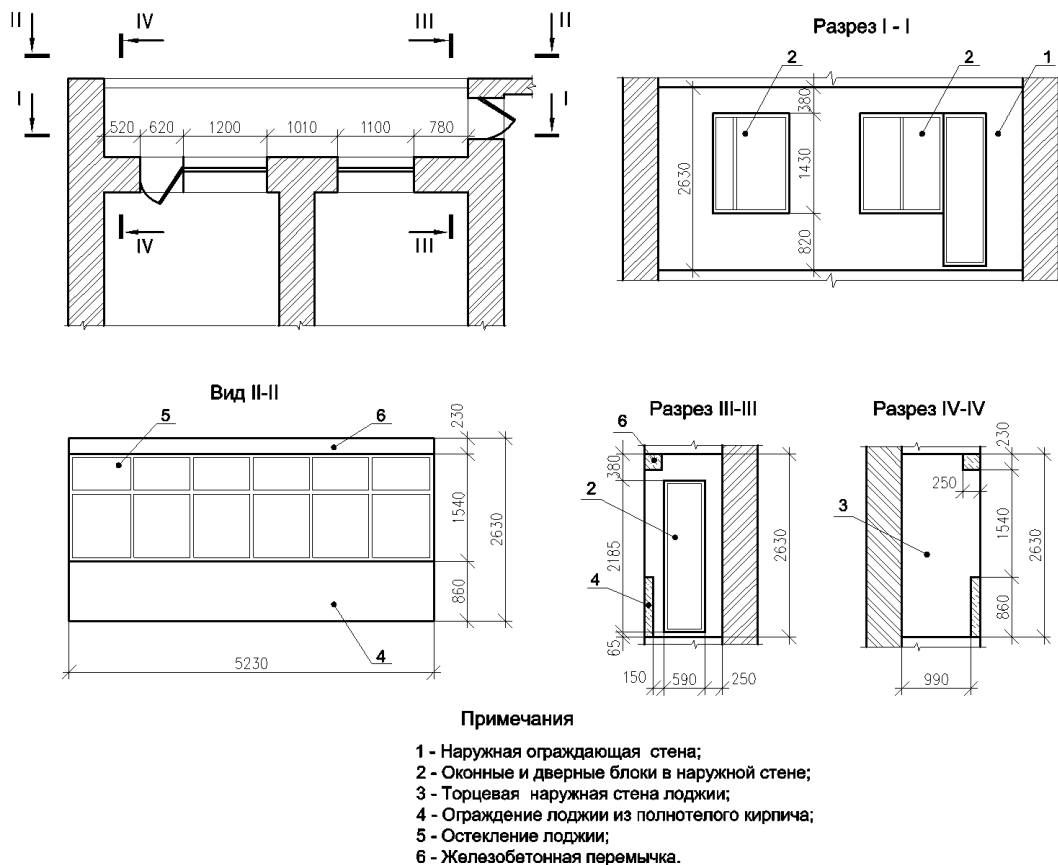


Рис. 18. План и разрезы лоджии

По формулам (53) получим уточненные значения приведенного сопротивления теплопередаче стен и заполнений светопроемов с учетом остекления лоджии:

$$R_w^{bal} = \frac{R_w^r}{n} = \frac{1,18}{0,6} = 1,97; \quad R_F^{bal} = \frac{R_F^r}{n} = \frac{0,35}{0,6} = 0,58.$$

Вывод

Уточненное значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен здания $1,97 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ с учетом остекления лоджии меньше нормируемого ($3,08 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) согласно требованиям табл. 10. Т. е. условие (5) настоящего Пособия не выполняется.

Уточненное значение приведенного сопротивления теплопередаче заполнений светопроемов здания $0,58 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ выше нормируемого значения ($0,51 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$).

Отсюда следует, что применительно для рассматриваемого случая одного остекления лоджий недостаточно для обеспечения нормируемых параметров тепловой защиты наружных ограждающих конструкций. Для обеспечения параметров тепловой защиты наружных стен здания нормативным требованиям требуется дополнительное утепление стен здания.

4.6. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ, КОНТАКТИРУЮЩИЕ С ГРУНТОМ

4.6.1. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, контактирующих с грунтом R_f^r , следует определять по следующей методике. Ограждения, контактирующие с грунтом, разбиваются на зоны шириной 2 м, начиная от верха наружных стен подвала, контактирующих с грунтом, как показано на рис. 19.

4.6.2. Отсчет зон начинается по стене от уровня земли, а если стен по грунту нет, то зоной I является полоса пола, ближайшая к наружной стене. Следующие две полосы будут иметь номера II и III, а остальная часть пола составит зону IV. При этом одна зона (любая) может начинаться на стене, а продолжаться на полу.

4.6.3. Пол или стена, не содержащие в своем составе утепляющих слоев из материалов с коэффициентом теплопроводности $\lambda \leq 1,2$ Вт/(м °С), рассчитываются как неутепленные (n.is). Для каждой зоны неутепленного пола предусмотрены следующие нормативные значения сопротивлений теплопередаче $R_f^{n.is}$, м²·°С/Вт:

- зона I: $R_I^{n.is} = 2,1$ м²·°С/Вт;
- зона II: $R_{II}^{n.is} = 4,3$ м²·°С/Вт;
- зона III: $R_{III}^{n.is} = 8,6$ м²·°С/Вт;
- зона IV: $R_{IV}^{n.is} = 14,2$ м²·°С/Вт.

4.6.4. Если в конструкции пола, расположенного на грунте, имеются утепляющие слои, его называют утепленным (is), а его сопротивление теплопередаче R_f^{is} , м²·°С/Вт, определяется по формуле:

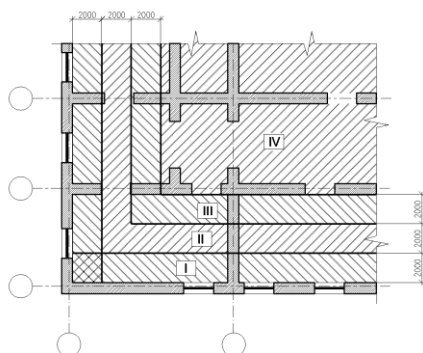
$$R_f^{is} = R_f^{n.is} + \frac{\delta_{is}}{\lambda_{is}}, \quad (55)$$

где $R_f^{n.is}$ - сопротивление теплопередаче рассматриваемой зоны (I-IV) неутепленного пола, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

δ_{is} – толщина утепляющего слоя, м;

λ_{is} – коэффициент теплопроводности материала утепляющего слоя, $Вт/(м \cdot ^\circ C)$.

а)



б)

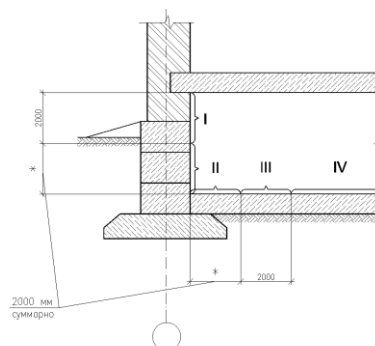


Рис. 19. Распределение поверхности пола (а) и заглубленных частей наружных стен (б), контактирующих с грунтом, по расчетным зонам I-IV

4.6.5. Для полов на лагах сопротивление теплопередаче R_f^L , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, рассчитывается по формуле:

$$R_f^L = 1,18 \cdot R_f^{is} \quad (56)$$

4.6.6. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_f^r , контактирующих с грунтом, определяется по формуле:

$$R_f^r = \frac{A_{sum}^f}{\left(\frac{A_I^f}{R_I} + \frac{A_{II}^f}{R_{II}} + \frac{A_{III}^f}{R_{III}} + \frac{A_{IV}^f}{R_{IV}} \right)}, \quad (57)$$

где A_{sum}^f - суммарная площадь ограждающих конструкций здания, контактирующих с грунтом, m^2 ;

$A_I^f, A_{II}^f, A_{III}^f, A_{IV}^f$ -- площади соответственно зон I, II, III, IV ограждающих конструкций зданий, контактирующих с грунтом;

$R_I, R_{II}, R_{III}, R_{IV}$ - сопротивления теплопередаче соответственно зон I, II, III, IV ограждающих конструкций зданий, контактирующих с грунтом.

5. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОГРАЖДАЮЩИМ КОНСТРУКЦИЯМ ЗДАНИЙ

Помимо основных требований, непосредственно относящихся к теплоизоляции ограждающих конструкций и уровню потребления зданиями тепловой энергии на отопление и вентиляцию, существует ряд дополнительных требований к ограждающим конструкциям, обеспечивающих заданный режим их эксплуатации. Например, переувлажнение ограждающих конструкций приводит к ухудшению их теплоизолирующей способности, что увеличивает эксплуатационные затраты на отопление. Высокая воздухопроницаемость ограждающих конструкций приводит к значительной инфильтрации холодного воздуха внутрь помещений, что ухудшает параметры микроклимата и требует дополнительных затрат тепловой энергии.

5.1. РАСЧЕТ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ

5.1.1. Расчетное (проектное) сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций зданий R_{inf}^{des} должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию R_{inf}^{req} , $m^2 \cdot ч \cdot Па/кг$, т. е. должно выполняться следующее условие:

$$R_{inf}^{des} \geq R_{inf}^{req} . \quad (58)$$

Для несветопрозрачных ограждающих конструкций требуемое сопротивление воздухопроницанию определяется по п. 5.1.2, расчетное – по п. 5.1.5.

Для светопрозрачных конструкций (оконных блоков, фонарей, балконных дверей) требуемое сопротивление воздухопроницанию определяется по п. 5.1.6, расчетное – по п. 5.1.7.

5.1.2. Требуемое сопротивление воздухопроницанию R_{inf}^{req} для несветопрозрачных ограждающих конструкций рассчитывается по

формуле:

$$R_{\text{inf}}^{\text{req}} = \frac{\Delta p}{G_n}, \quad (59)$$

где Δp - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па, определяемая в соответствии с п. 5.1.3;

G_n - нормируемая воздухопроницаемость ограждающих конструкций, кг/(м²·ч), принимаемая в соответствии с п. 5.1.4.

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

$$\Delta p = 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_{\text{ext}} - \gamma_{\text{int}}) + 0,03 \cdot \gamma_{\text{ext}} \cdot v^2, \quad (60)$$

где H - высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), м;

γ_{ext} - удельный вес наружного воздуха, принимаемый для климатических условий г. Санкт-Петербурга равным 14 Н/м³;

γ_{int} - удельный вес внутреннего воздуха, Н/м³, определяемый по формуле:

$$\gamma_{\text{int}} = \frac{3463}{273 + t_{\text{int}}}, \quad (61)$$

где t_{int} - температура внутреннего воздуха; принимается согласно оптимальным параметрам по ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 30494 и СанПиН 2.1.2.2645, а также по данным табл. 5 настоящего Пособия;

v - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более, принимаемая для климатических условий г. Санкт-Петербурга равной 4,2 м/с; для зданий высотой свыше 60 м v следует умножать на коэффициент ξ изменения скорости ветра по высоте, принимаемый по табл. 24.

Таблица 24

**Изменение скорости ветра по отношению
к стандартной высоте 10 м**

Высота, м	Коэффициент ξ
10	1,0
100	1,9
150	2,1
200	2,3
250	2,5
300	2,6
350	2,7
400	2,8
450	2,9
500	2,9

5.1.4. Нормируемую воздухопроницаемость ограждающих конструкций зданий G_n , кг/(м²·ч), следует принимать по табл. 25.

Таблица 25

Нормируемая воздухопроницаемость ограждающих конструкций

№ п/п	Ограждающие конструкции	Воздухопроницаемость G_n, кг/м²·ч, не более
1	Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых и общественных зданий и помещений	0,5
2	Стыки между панелями наружных стен жилых зданий	0,5*
3	Входные двери в квартиры	1,5
4	Входные двери в жилые и общественные здания	7,0
5	Оконные блоки и балконные двери в жилых и общественных зданиях и помещениях в деревянных переплетах	6,0
6	Оконные блоки и балконные двери в жилых и общественных зданиях и помещениях в пластмассовых или алюминиевых переплетах	5,0
*Примечание: в поз. 2 размерность воздухопроницаемости в кг/(м·ч)		

5.1.5. Расчетное сопротивление воздухопроницанию несветопрозрачных ограждающих конструкций, за исключением заполнений световых проемов (оконных блоков, фонарей, балконных дверей) R_{inf}^{des} , $m^2 \cdot ч \cdot Па/кг$, следует определять сложением сопротивлений паропроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции по формуле:

$$R_{inf}^{des} = R_{inf1} + R_{inf2} + \dots + R_{inf n}, \quad (62)$$

где $R_{inf1}, R_{inf2}, \dots, R_{inf n}$ - сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции, $m^2 \cdot ч \cdot Па/кг$, принимаемые по результатам испытаний согласно ГОСТ 25891 или ГОСТ 26602.2, или по данным, приведенным в табл. 26.

Таблица 26

Сопротивление воздухопроницанию материалов и конструкций

№ п/п	Материалы и конструкции	Толщина слоя, мм	Сопротивление воздухопроницанию R_{inf} , $m^2 \cdot ч \cdot Па/кг$
1	2	3	4
1	Бетон монолитный (без швов)	100	19260
2	Кирпичная кладка из полнотелого кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной в 1 кирпич и более	250 и более	18
3	Кирпичная кладка из полнотелого кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной в $\frac{1}{2}$ кирпича	120	2
4	Кирпичная кладка из полнотелого кирпича на цементно-шлаковом растворе толщиной в 1 кирпич и более	250 и более	9
5	Кирпичная кладка из полнотелого кирпича на цементно-шлаковом растворе толщиной в $\frac{1}{2}$ кирпича	120	1

Продолжение табл. 26

1	2	3	4
6	Кладка кирпича керамического пустотелого на цементно-песчаном растворе толщиной в $\frac{1}{2}$ кирпича	120	2
7	Кладка из легкогобетонных камней на цементно-песчаном растворе	400	13
8	Кладка из легкогобетонных камней на цементно-шлаковом растворе	400	1
9	Газобетон сплошной (без швов) автоклавного твердения марки по плотности D400	50	400
10	Кладка из гладких газобетонных блоков автоклавного твердения марки по плотности D400 на клею с полной промазкой торцевых поверхностей (вертикальных швов кладки)	300	116
11	Кладка из газобетонных блоков автоклавного твердения с торцевой системой паз-гребень марки по плотности D400 с частичной промазкой торцевых поверхностей (вертикальных швов кладки)	300	47
12	Кладка из газобетонных блоков автоклавного твердения с торцевой системой паз-гребень марки по плотности D400 без промазки торцевых поверхностей (вертикальных швов)	300	0,35
13	Листы асбестоцементные с заделкой швов	6	196
14	Картон строительный (без швов)	1,3	64
15	Обои бумажные обычные	-	20
16	Обшивка из обрезных досок, соединенных впритык или в четверть	20-25	0,1

Продолжение табл. 26

1	2	3	4
17	Обшивка из обрезных досок, соединенных в шпунт	20-25	1,5
18	Обшивка из фибролита или из древесно-волокнистых бесцементных мягких плит с заделкой швов	15-70	2,5
19	Обшивка из фибролита или из древесно-волокнистых бесцементных мягких плит без заделки швов	15-70	0,5
20	Обшивка из жестких древесно-волокнистых листов с заделкой швов	10	3,3
21	Обшивка из гипсовой сухой штукатурки с заделкой швов	10	20
22	Пенобетон автоклавного твердения (без швов)	100	1960
23	Пенобетон автоклавного твердения	100	196
24	Пенополистирол	50-100	79
25	Пеностекло сплошное (без швов)	120	> 2000
26	Плиты минераловатные жесткие	50	2
27	Рубероид	1,5	Воздухопроницаем
28	Фанера клееная (без швов)	3-4	2940
29	Штукатурка цементно-песчаным раствором по каменной или кирпичной кладке	15	373
30	Штукатурка известковая по каменной или кирпичной кладке	15	142
31	Штукатурка известково-гипсовая по дереву (по драни)	20	17
32	Керамзитобетон плотностью 900 кг/м ³	250 - 400	13 – 17
33	То же, 1000 кг/м ³	250 - 400	53 – 80
34	То же, 1100 кг/м ³	250 - 450	390 – 590

1	2	3	4
Примечания:			
1) Для кладок из кирпича и камней с расшивкой швов на наружной поверхности приведенное в настоящей таблице сопротивление воздухопроницанию следует увеличивать на $20 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$.			
2) Сопротивление воздухопроницанию воздушных прослоек и слоев ограждающих конструкций из сыпучих (шлака, керамзита, пемзы и т. п.), рыхлых и волокнистых (минеральной ваты и т. п.) материалов следует принимать равным нулю независимо от толщины слоя.			
3) Для материалов и конструкций, не указанных в настоящей таблице, сопротивление воздухопроницанию следует определять экспериментально.			

5.1.6. Требуемое сопротивление воздухопроницанию светопрозрачных ограждающих конструкций (оконных блоков, витражей, фонарей, балконных дверей) $R_{\text{inf}}^{\text{req}}$ рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{inf}}^{\text{req}} = \left(\frac{1}{G_n} \right) \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_o} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (63)$$

где G_n - то же, что и в формуле (59);

Δp - то же, что и в формуле (60);

$\Delta p_o = 10 \text{ Па}$ – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях светопрозрачной конструкции, при которой определяется воздухопроницаемость сертифицируемого образца.

5.1.7. Расчетное сопротивление воздухопроницанию выбранного типа светопрозрачной конструкции $R_{\text{inf}}^{\text{des}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч/кг}$, определяют по формуле:

$$R_{\text{inf}}^{\text{des}} = \left(\frac{1}{G_s} \right) \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_o} \right)^n, \quad (64)$$

где G_s – воздухопроницаемость светопрозрачной конструкции, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, при $\Delta p_o = 10 \text{ Па}$, полученная в результате сертификационных испытаний по ГОСТ 26602.2;

Δp - то же, что и в формуле (60);

$\Delta p_0 = 10 \text{ Па}$ - то же, что и в формуле (63);

n – показатель режима фильтрации, учитывающий турбулизацию воздушного потока при фильтрации воздуха через неплотности светопрозрачных конструкций, полученный в результате сертификационных испытаний.

Если $R_{\text{inf}}^{\text{des}} \geq R_{\text{inf}}^{\text{req}}$ выбранная светопрозрачная конструкция удовлетворяет требованиям по сопротивлению воздухопроницанию.

Если $R_{\text{inf}}^{\text{des}} < R_{\text{inf}}^{\text{req}}$ необходимо заменить светопрозрачную конструкцию и повторить расчет по формуле (64) до удовлетворения требования $R_{\text{inf}}^{\text{des}} \geq R_{\text{inf}}^{\text{req}}$.

5.1.8. Средняя воздухопроницаемость квартир жилых и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) должна обеспечивать в период испытаний воздухообмен кратностью n_{50} , ч^{-1} , при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха при вентиляции:

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

5.1.9. При оборудовании помещений только вытяжной вентиляцией, для обеспечения требуемого воздухообмена, в наружных ограждениях (стенах, окнах) следует предусмотреть регулируемые приточные устройства.

5.1.10. Рекомендуемая классификация воздухопроницаемости ограждающих конструкций объекта по кратности воздухообмена при $\Delta p = 50 \text{ Па}$ (n_{50} , ч^{-1}) (помещения, группы помещений (квартиры), жилых многоквартирных, общественных, а также многоквартирных зданий в целом) приведена в табл. 27.

**Классы воздухопроницаемости
ограждающих конструкций здания**

Кратность воздухообмена при $\Delta p = 50 \text{ Па}$ (n_{50} , ч ⁻¹)	Наименование класса
$n_{50} < 1$	Очень низкая
$1 \leq n_{50} < 2$	Низкая
$2 \leq n_{50} < 4$	Нормальная
$4 \leq n_{50} < 6$	Умеренная
$6 \leq n_{50} < 10$	Высокая
$10 \leq n_{50}$	Очень высокая

5.1.11. При установлении классов воздухопроницаемости «умеренная», «высокая», «очень высокая» следует принимать меры по снижению воздухопроницаемости объектов. При установлении классов «низкая» и «очень низкая» в зданиях, имеющих вентиляцию с естественным побуждением, следует принимать меры, обеспечивающие приток свежего воздуха.

5.1.12. Воздухопроницаемость остекления неотапливаемых лоджий и балконов не нормируется. Для уменьшения вероятности обмерзания остекления лоджий в холодный период года при открытии балконных дверей, в ограждении лоджий и балконов следует предусматривать вентиляционные отверстия или приточные клапаны, обеспечивающие расход воздуха не менее $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ при перепаде давлений 10 Па .

5.1.13. Пример расчета сопротивления воздухопроницанию ограждающих конструкций и выбора типа оконного блока представлен ниже.

**Пример определения сопротивления воздухопроницанию
оконного блока при проектировании жилого здания**

Исходные данные:

- район строительства – г. Санкт-Петербург;
- назначение здания – жилое, 16-ти этажное;
- высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты) – $H = 48,6 \text{ м}$;

- максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь
 $v = 4,2 \text{ м/с}$;

- расчетная температура внутреннего воздуха - $t_{\text{int}} = + 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

- расчетная температура наружного воздуха - $t_{\text{ext}} = - 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Согласно протоколу испытаний воздухопроницаемость оконного блока в пластмассовых переплетах при $\Delta p_o = 10 \text{ Па}$ составляет $G_s = 4,74 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, показатель режима фильтрации $n = 0,53$. График зависимости объемной воздухопроницаемости оконного блока от перепада давления по результатам сертификационных испытаний приведен на рис. 20.

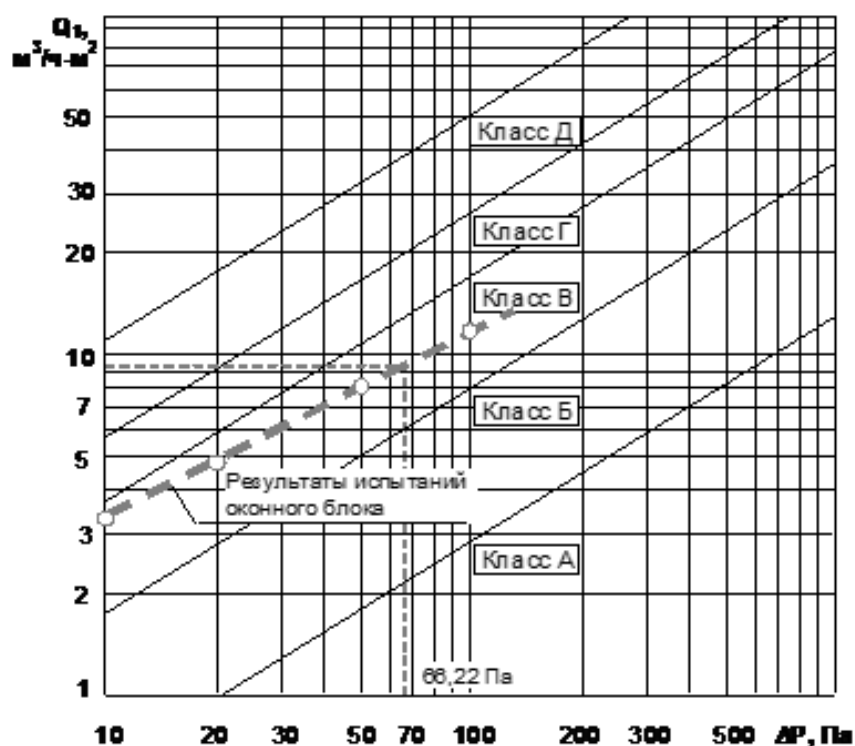


Рис. 20. Зависимость объемной воздухопроницаемости оконного блока № 1 от перепада давления по результатам испытаний согласно ГОСТ 26602.2

Вычисляем удельный вес наружного и внутреннего воздуха по формуле (61):

$$\gamma_{\text{ext}} = \frac{3463}{273 + t_{\text{ext}}} = \frac{3463}{273 - 26} = 14,0 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

$$\gamma_{\text{int}} = \frac{3463}{273 + t_{\text{int}}} = \frac{3463}{273 + 20} = 11,8 \text{ Н/м}^3$$

По формуле (60) определяем расчетную разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях оконного блока первого этажа здания:

$$\begin{aligned} \Delta p &= 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_{\text{ext}} - \gamma_{\text{int}}) + 0,03 \cdot \gamma_{\text{ext}} \cdot v^2 = \\ &= 0,55 \cdot 48,6 \cdot (4,0 - 11,8) + 0,03 \cdot 14,0 \cdot 4,2^2 = 66,22 \text{ Па} \end{aligned}$$

По данным табл. 25 определяем требуемую воздухопроницаемость оконных блоков - $G_n = 5,0 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)}$.

По формуле (63) рассчитываем требуемое сопротивление воздухопроницанию оконных блоков:

$$R_{\text{inf}}^{\text{req}} = \left(\frac{1}{G_n} \right) \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_o} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{1}{5} \right) \cdot \left(\frac{66,22}{10} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,71 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$$

Расчетное сопротивление воздухопроницанию оконного блока определим по формуле (64):

$$R_{\text{inf}}^{\text{des}} = \left(\frac{1}{G_s} \right) \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_o} \right)^n = \left(\frac{1}{4,74} \right) \cdot \left(\frac{66,22}{10} \right)^{0,53} = 0,58 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$$

Так как $R_{\text{inf}}^{\text{des}} = 0,58 < R_{\text{inf}}^{\text{req}} = 0,71$, выбранная светопрозрачная конструкция не удовлетворяет требованиям по сопротивлению воздухопроницанию.

На рис. 21 представлены результаты испытаний оконного блока, соответствующего требованиям проектируемого здания.

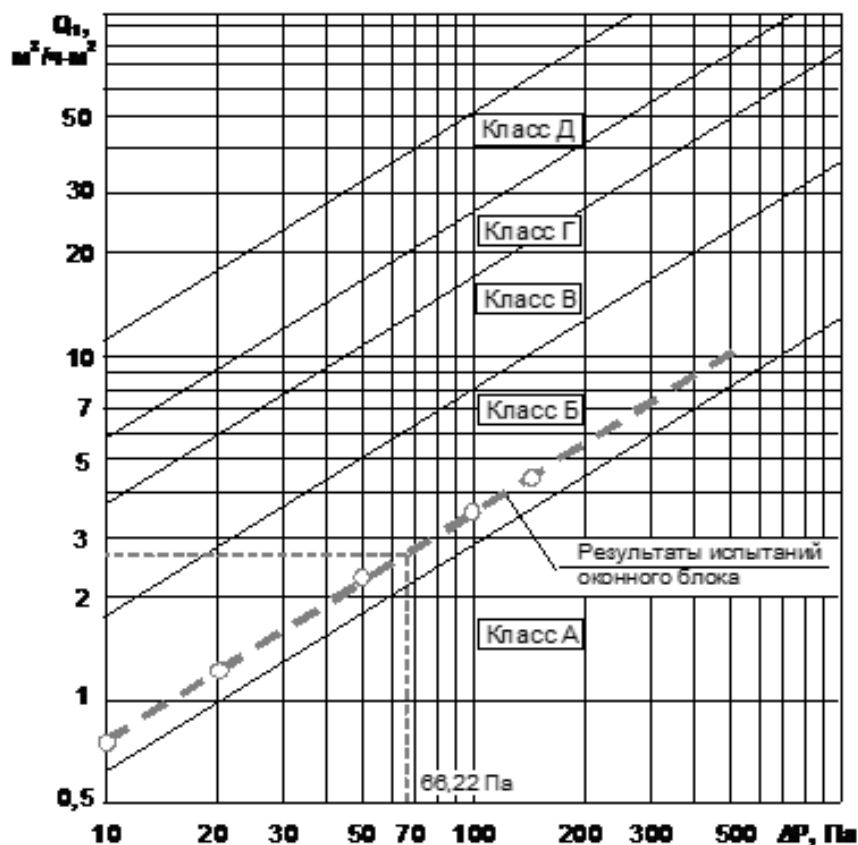


Рис. 21. Зависимость объемной воздухопроницаемости оконного блока № 2 от перепада давления по результатам испытаний согласно ГОСТ 26602.2

По результатам испытаний воздухопроницаемость оконного блока № 2 при $\Delta p_o = 10$ Па составляет $G_s = 1,32$ кг/(м²·ч), показатель режима фильтрации $n = 0,68$.

Соответственно

$$R_{inf}^{des} = \left(\frac{1}{G_s} \right) \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_o} \right)^n = \left(\frac{1}{1,32} \right) \cdot \left(\frac{66,22}{10} \right)^{0,68} = 2,74 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг} \text{)}$$

В этом случае $R_{inf}^{des} = 2,74 > R_{inf}^{req} = 0,71$.

Следовательно, конструкция оконного блока № 2 удовлетворяет требованиям по сопротивлению воздухопроницанию.

5.2. РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАРОПРОНИЦАНИЮ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

5.2.1. Сопротивление паропроницанию R_{vp} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) должно быть не менее наибольшего из следующих нормируемых сопротивлений паропроницанию:

а) нормируемого сопротивления паропроницанию R_{vp1}^{req} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле:

$$R_{vp1}^{\text{req}} = \frac{e_{\text{int}} - E}{e - e_{\text{ext}}} R_{vp}^e; \quad (65)$$

б) нормируемого сопротивления паропроницанию R_{vp2}^{req} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле:

$$R_{vp2}^{\text{req}} = \frac{0,0024 \cdot z_o \cdot (e_{\text{int}} - E_o)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{av} + \eta}; \quad (66)$$

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

$$e_{\text{int}} = \frac{\varphi_{\text{int}}}{100} \cdot E_{\text{int}}, \quad (67)$$

где E_{int} - парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре t_{int} принимается по Приложению 6;

φ_{int} - относительная влажность внутреннего воздуха, %, принимаемая для различных зданий по табл. 5;

R_{vp}^e - сопротивление паропроницанию, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, части

ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью возможной конденсации;

e_{ext} - среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, за годовой период, определяемое по табл. 8;

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

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

ρ_w - плотность материала увлажняемого слоя, кг/м³, принимаемая равной ρ_0 по Приложению 4;

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

Δw_{av} - предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя, %, за период влагонакопления z_0 , принимаемое по табл. 28.

Таблица 28

Предельно допустимые значения коэффициента Δw_{av}

№ п/п	Материал ограждающей конструкции	Предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале Δw_{av}
1	2	3
1	Кладка из глиняного кирпича и керамических блоков	1,5
2	Кладка из силикатного кирпича	2,0

Окончание табл. 28

1	2	3
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	Теплоизоляционные засыпки из керамзита, шунгизита, шлака	3
10	Тяжелый бетон, цементно-песчаный раствор	2

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

$$E = \frac{E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3}{12}, \quad (68)$$

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

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

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

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

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

η - коэффициент, определяемый по формуле

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot z_o (E_o - e_o^{\text{ext}})}{R_{vp}^e}, \quad (69)$$

где e_o^{ext} - среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами;

z_o, E_o, R_{vp}^e - то же, что и в формуле (66).

Примечания:

1. При определении парциального давления E_3 для летнего периода температуру в плоскости возможной конденсации во всех случаях следует принимать не ниже средней температуры наружного воздуха летнего периода, парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха e_{int} - не ниже среднего парциального давления водяного пара наружного воздуха за этот период.

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

5.2.2. Сопротивление паропрооницанию R_{vp} , м²·ч·Па/мг, однослойной или отдельного слоя многослойной ограждающей конструкции следует определять по формуле:

$$R_{vp} = \frac{\delta}{\mu}, \quad (70)$$

где δ – толщина слоя ограждающей конструкции, м;

μ – расчетный коэффициент паропроницаемости материала слоя ограждающей конструкции, мг/м·ч·Па, принимаемый по Приложению Г настоящих рекомендаций.

5.2.3. Сопротивление паропроницанию R_{vp} многослойной ограждающей конструкции (или ее части) равно сумме сопротивлений паропроницанию составляющих ее слоев.

Примечания:

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

2. В помещениях с влажным или мокрым режимом следует предусматривать пароизоляцию.

5.2.4. Сопротивление паропроницанию R_{vp} листовых материалов и тонких слоев пароизоляции следует принимать по табл. 29.

5.2.5. Значения температуры в плоскости возможной конденсации следует определять по формуле:

$$t = t_{int} - \left[\frac{t_{int} - t_{ext}}{R_o} \right] \cdot \left(\alpha_{si} + \sum R \right) \quad (71)$$

где t_{int} , t_{ext} – расчетные температуры соответственно внутреннего и наружного воздуха (среднесезонная или средняя за период влагонакопления, °C);

R_o – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции;

R_{si} – сопротивление теплоотдаче внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²·°C);

$\sum R$ – сумма термических сопротивлений слоев конструкции, расположенных между внутренней поверхностью и плоскостью возможной конденсации, м²·°C/Вт.

5.2.6. Действительное парциальное давление e_i водяного пара на границах слоев следует определять по формуле:

$$e_i = e_{int} - \frac{e_{int} - e_{ext} \cdot \sum_{i=1}^n R_{(vp)i}}{R_{vp}}, \quad (72)$$

где e_{int} , e_{ext} – то же, что и в формуле (65);

R_{vp} - то же, что и в формуле (70);

$\sum_{i=1}^n R_{(vp)i}$ - сумма сопротивлений паропроницанию слоев, считая

от внутренней поверхности.

Таблица 29

Сопротивление паропроницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции

№ п\п	Материал	Толщина слоя, мм	Сопротивление паропроницанию R_{vp} , $m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$
1	Картон обыкновенный	1,3	0,016
2	Листы асбестоцементные	6	0,3
3	Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	10	0,12
4	Листы древесно-волокнистые жесткие	10	0,11
5	Листы древесно-волокнистые мягкие	12,5	0,05
6	Окраска горячим битумом за один раз	2	0,3
7	Окраска горячим битумом за два раза	4	0,48
8	Окраска масляная за два раза с предварительной шпатлевкой и грунтовкой	-	0,64
9	Окраска эмалевой краской	-	0,48
10	Покрытие изольной мастикой за один раз	2	0,60
11	Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за один раз	1	0,64
12	Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за два раза	2	1,1
13	Пергамин кровельный	0,4	0,33
14	Полиэтиленовая пленка	0,16	7,3
15	Рубероид	1,5	1,1
16	Толь кровельный	1,9	0,4
17	Фанера клееная трехслойная	3	0,15

5.2.7. Сопротивление паропрооницанию R_{vp} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, чердачного перекрытия или части конструкции вентилируемого покрытия, расположенной между внутренней поверхностью покрытия и воздушной прослойкой, в зданиях со скатами кровли шириной до 24 м должно быть не менее нормируемого сопротивления паропрооницанию R_{vp}^{req} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, определяемого по формуле:

$$R_{vp}^{\text{req}} = 0,0012 \cdot (e_{\text{int}} - e_o^{\text{ext}}) \quad (73)$$

где e_{int} - то же, что и в формуле (65);

e_o^{ext} - то же, что и в формуле (69).

5.2.8. Не требуется проверять на выполнение данных норм по паропрооницанию следующие ограждающие конструкции:

а) однородные (однослойные) наружные стены помещений с сухим и нормальным режимами;

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

5.2.9. Для защиты от увлажнения теплоизоляционного слоя (утеплителя) в покрытиях зданий с влажным или мокрым режимом следует предусматривать пароизоляцию ниже теплоизоляционного слоя, что следует учитывать при определении сопротивления паропрооницанию покрытия.

5.2.10. Пример расчета сопротивления паропрооницанию многослойной ограждающей конструкции приведен ниже.

Пример расчета сопротивления паропрооницанию наружной ограждающей конструкции

Цели расчета

- рассчитать сопротивление паропрооницанию наружной многослойной стеновой конструкции;

- проверить соответствие сопротивления паропрооницанию рассматриваемой конструкции стены требованиям СНиП 23-02;

- рассчитать распределение парциального давления водяного пара по толще стены и возможность образования конденсата в толще стены.

Исходные данные

Район строительства - г. Санкт-Петербург.

Назначение здания - жилое.

Расчетная температура t_{int} и относительная влажность внутреннего воздуха ϕ_{int} для жилых помещений (согласно данным табл. 5):

- $t_{\text{int}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- $\phi_{\text{int}} = 55\%$;

- $e_{\text{int}} = (\phi_{\text{int}} / 100) \cdot E_{\text{int}} = (55 / 100) \cdot 2338 = 1286\text{ Па}$ (с учетом того, что при температуре внутреннего воздуха $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ парциальное давление насыщенного водяного пара по табл. 6.2 Приложения 6 принимается равным 2338 Па).

Расчетные параметры наружного воздуха (температура, - t_{ext} , $^{\circ}\text{C}$, и относительная влажность, - ϕ_{ext} , %) для климатических условий г. Санкт-Петербурга приняты для наиболее холодного месяца согласно СНиП 23-01:

- $t_{\text{ext}} = -7,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (по табл. 3*);

- $\phi_{\text{ext}} = 86\%$ (по табл. 1*).

Влажностный режим помещений – нормальный; зона влажности для г. Санкт-Петербурга - влажная, условия эксплуатации определяются по параметру «Б». Расчетные теплотехнические показатели материалов, входящих в состав рассматриваемой конструкции стены, приняты по параметру «Б» Приложения 4.

Наружная стена жилого здания состоит из следующих слоев, считая от внутренней поверхности (рис. 22):

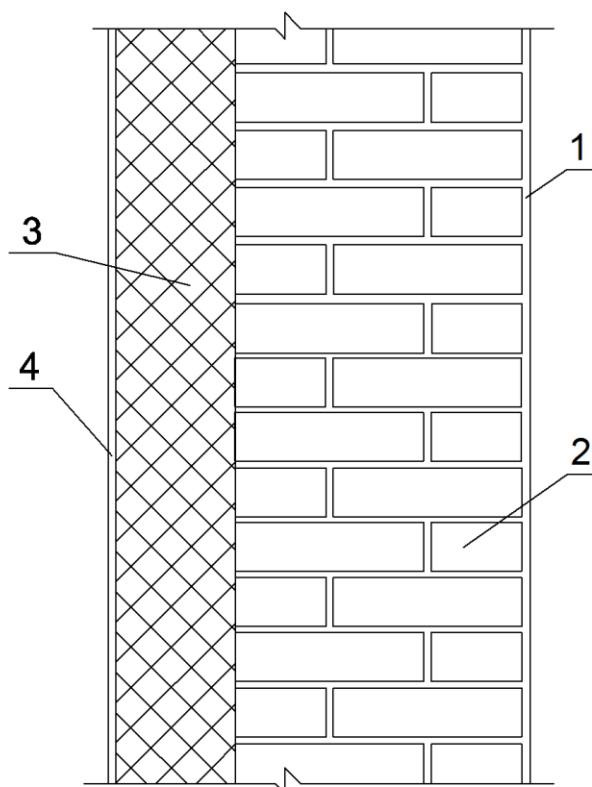
1 - гипсовая штукатурка толщиной 5 мм , плотностью 1000 кг/м^3 , с расчетными коэффициентами: теплопроводности $\lambda_{\text{Б}} = 0,35\text{ Вт/(м }^{\circ}\text{C)}$, паропроницаемости $\mu = 0,11\text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$;

2 - кирпичная кладка из пустотелого одинарного кирпича толщиной 380 мм , плотностью 1400 кг/м^3 , с расчетными коэффициента-

ми: теплопроводности $\lambda_{\text{Б}} = 0,55 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемости $\mu = 0,13 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$;

3 - утеплитель минераловатный толщиной 150 мм, плотностью 140 кг/м^3 , с расчетными коэффициентами: теплопроводности $\lambda_{\text{Б}} = 0,045 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемости $\mu = 0,31 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$;

4 - защитный штукатурный слой толщиной 4,5 мм, с расчетными коэффициентами: теплопроводности $\lambda_{\text{Б}} = 0,87 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, паропроницаемости $\mu = 0,13 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.



Примечания

1 - Гипсовая штукатурка - 5 мм;

2 - Кирпичная кладка - 380мм;

3 - Минераловатный утеплитель - 150 мм;

4 - Защитный штукатурный слой - 4,5 мм.

Рис. 22. Схематичное изображение многослойной стеновой конструкции

Порядок расчета

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции по

гладя стены (с учетом теплопроводных включений в кладке в виде металлических связей, предназначенных для крепления утеплителя к стене):

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,35} + \frac{0,38}{0,55} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{0,0045}{0,87} + \frac{1}{23} = 4,20 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}).$$

Согласно примечанию 2 к п. 5.2.1, плоскость возможной конденсации (далее по тексту, - ПВК) в многослойной конструкции совпадает с наружной поверхностью утеплителя.

Сопротивление паропрооницанию R_{vp} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$, ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до ПВК) должно быть не менее нормируемых сопротивлений паропрооницанию, определяемых по формулам (65) и (66), т. е. должно выполняться следующее основное условие:

$$R_{vp} \geq \max \left(R_{vp1}^{\text{req}}, R_{vp2}^{\text{req}} \right)$$

где R_{vp1}^{req} - требуемое из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации сопротивление паропрооницанию наружной ограждающей конструкции, определяемое по формуле (65);

R_{vp2}^{req} - требуемое из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха сопротивление паропрооницанию, определяемое по формуле (66).

Сопротивление паропрооницанию R_{vp} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$, рассматриваемой наружной многослойной конструкции стены определяем по формуле (70) настоящих рекомендаций (здесь и далее по тексту в расчетах сопротивлением влагообмену у внутренней и наружной поверхностях пренебрегаем):

$$R_{vp} = \frac{0,005}{0,11} + \frac{0,38}{0,13} + \frac{0,15}{0,31} + \frac{0,0045}{0,13} = 3,49 (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}).$$

Определим термическое сопротивление слоя ограждения в пределах от внутренней поверхности до ПВК:

$$\sum R = \frac{0,005}{0,35} + \frac{0,38}{0,55} + \frac{0,15}{0,045} = 4,04 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}).$$

Установим для зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов их продолжительность z_i , сут, среднюю температуру t_i , $^\circ\text{C}$, и рассчитаем соответствующую температуру в ПВК – τ_i , $^\circ\text{C}$ по формуле (71):

- зима (декабрь, январь, февраль):

$$z_1 = 3 \text{ мес.};$$

$$t_1 = \frac{(-5.0) + (-7.8) + (-7.8)}{3} = -6.9 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\tau_1 = 20 - \frac{(20 + 6.9) \cdot (0.115 + 2.56)}{2.9} = -4.81 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

- весна-осень (март, апрель, октябрь, ноябрь):

$$z_2 = 4 \text{ мес.};$$

$$t_2 = \frac{(-3.9) + 3.1 + 4.9 + (-0.3)}{4} = 1.0 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\tau_2 = 20 - \frac{(20 - 1.0) \cdot (0.115 + 2.56)}{2.9} = 2.47 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

- лето (май, июнь, июль, август, сентябрь, октябрь):

$$z_3 = 5 \text{ мес.};$$

$$t_3 = \frac{9.8 + 15.0 + 17.8 + 16.0 + 10.9}{5} = 13.9 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\tau_3 = 20 - \frac{(20 - 13.9) \cdot (0.115 + 2.56)}{2.9} = 14.37 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

По температурам τ_i для соответствующих периодов определим по Приложению 6 парциальные давления водяного пара. Получим:

- для зимнего периода $E_1 = 407 \text{ Па};$

- для весенне-осеннего периода $E_2 = 730 \text{ Па};$

- для летнего периода $E_3 = 1636 \text{ Па}.$

По формуле (68) определим парциальное давление водяного пара E , Па, в ПВК за годовой период эксплуатации ограждающей конструкции для соответствующих продолжительностей периодов (z_1 , z_2 , z_3):

$$E = \frac{407 \cdot 3 + 730 \cdot 4 + 1636 \cdot 5}{12} = 1027 (\text{Па}).$$

Сопротивление паропрооницанию R_{vp}^e , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью и ПВК, определяется по формуле (63):

$$R_{vp}^e = \frac{0,0045}{0,13} = 0,035 (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}).$$

Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха e_{ext} , Па, за годовой период определяют по данным табл. 8:

$$e_{\text{ext}} = \frac{330 + 320 + 390 + 570 + 800 + 1180 + 1460 + 1430 + 1090 + 760 + 550 + 420}{12} = 775 (\text{Па}).$$

По формуле (65) определяем требуемое сопротивление паропрооницанию из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации:

$$R_{vp1}^{\text{req}} = \frac{(1286 - 1027) \cdot 0,035}{(1027 - 775)} = 0,04 (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}).$$

Для расчета нормируемого сопротивления паропрооницанию R_{vp2}^{req} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, из условия ограничения влаги за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха определяем продолжительность этого периода z_0 , сут, среднюю температуру t_0 , °С, и рассчитываем температуру в ПВК τ_0 , °С, за этот период:

$$\begin{aligned} z_0 &= 151 \text{ сут}; \\ t_0 &= \frac{(-7.8) + (-7.8) + (-5.0) + (-3.9) + (-0.3)}{5} = -4.96 \text{ } ^\circ\text{C}; \\ \tau_0 &= 20 - \frac{(20 + 4.96) \cdot (0.115 + 2.56)}{2.9} = -3.02 \text{ } ^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Парциальное давление водяного пара E_0 , Па, в ПВК при данной температуре (-3.02 °С) составляет 475 Па.

Согласно СНиП 23-02, в многослойной ограждающей конструк-

ции увлажняемым слоем является утеплитель, в данном примере - минераловатный плотностью $\rho_w = \rho_o = 140 \text{ кг/м}^3$ при толщине $\gamma_w = 0,15 \text{ м}$. Предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в этом материале по табл. 28 $\Delta w_{av} = 3 \%$.

Средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными средними месячными температурами (ноябрь-март) составляет $e_o^{\text{ext}} = 402 \text{ Па}$.

Коэффициент η определяется по формуле (69):

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (475 - 402) \cdot 151}{0,035} = 755,9.$$

Определим $R_{\nu p2}^{\text{req}}$ по формуле (66):

$$R_{\nu p2}^{\text{req}} = \frac{0,0024 \cdot 151 \cdot (1286 - 475)}{(140 \cdot 0,15 \cdot 3 + 755,9)} = 0,36 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па / мг)}.$$

При сравнении расчетного для данной конструкции стены значения сопротивления паропрооницанию $R_{\nu p}$ с требуемыми значениями ($R_{\nu p1}^{\text{req}}$, $R_{\nu p2}^{\text{req}}$) устанавливаем, что

$$R_{\nu p} > R_{\nu p2}^{\text{req}} > R_{\nu p1}^{\text{req}}.$$

Следовательно, рассматриваемая конструкция наружной стены удовлетворяет требованиям раздела 9 СНиП 23-02 в отношении сопротивления паропрооницанию.

Расчет распределения парциального давления водяного пара по толще стены и определение возможности образования конденсата в толще стены

Для проверки конструкции на наличие зоны конденсации внутри стены используем вычисленное ранее значение сопротивления паропрооницанию стены $R_{\nu p} = 3,49 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$.

Определим парциальное давление водяного пара внутри и снаружи стены по формуле (67):

$$- t_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}; \varphi_{\text{int}} = 55 \%;$$

соответственно $e_{\text{int}} = (55/100) \cdot 2338 = 1286$ (Па);

- $t_{\text{ext}} = -7,8$ °C; $\varphi_{\text{ext}} = 86$ %;

соответственно $e_{\text{ext}} = (86/100) \cdot 315 = 271$ (Па).

Определим по формуле (71) температуры τ_i на границах слоев, нумеруя их от внутренней поверхности к наружной, и по этим температурам - максимальное парциальное давление водяного пара E_i по Приложению 6:

$$\tau_1 = 20 - \frac{(20 + 7,8) \cdot (0,115)}{4,2} = 19,2 \text{ °C} - \text{соответствующее данной темпе-}$$

ратуре значение $E_1 = 2225$ Па;

$$\tau_2 = 20 - \frac{(20 + 7,8) \cdot (0,115 + 0,014)}{4,2} = 19,1 \text{ °C} - \text{соответствующее данной}$$

температуре значение $E_2 = 2210$ Па;

$$\tau_3 = 20 - \frac{(20 + 7,8) \cdot (0,115 + 0,014 + 0,69)}{4,2} = 14,6 \text{ °C} - \text{соответствующее дан-}$$

ной температуре значение $E_3 = 1661$ Па;

$$\tau_4 = 20 - \frac{(20 + 7,8) \cdot (0,115 + 0,014 + 0,69 + 3,33)}{4,2} = -7,4 \text{ °C} - \text{соответствующее}$$

данной температуре значение $E_4 = 327$ Па;

$$\tau_5 = 20 - \frac{(20 + 7,8) \cdot (0,115 + 0,014 + 0,691 + 3,333)}{4,2} = -7,5 \text{ °C} - \text{соответствующее}$$

данной температуре значение $E_5 = 324$ Па.

Рассчитаем действительные парциальные давления водяного пара e_i на границах слоев по формуле (72):

$$e_1 = 1286 \text{ Па} ;$$

$$e_2 = 1286 - \frac{(1286 - 271) \cdot 0,046}{3,49} = 1273 \text{ Па} ;$$

$$e_3 = 1286 - \frac{(1286 - 271) \cdot (0,046 + 2,92)}{3,49} = 423 \text{ Па} ;$$

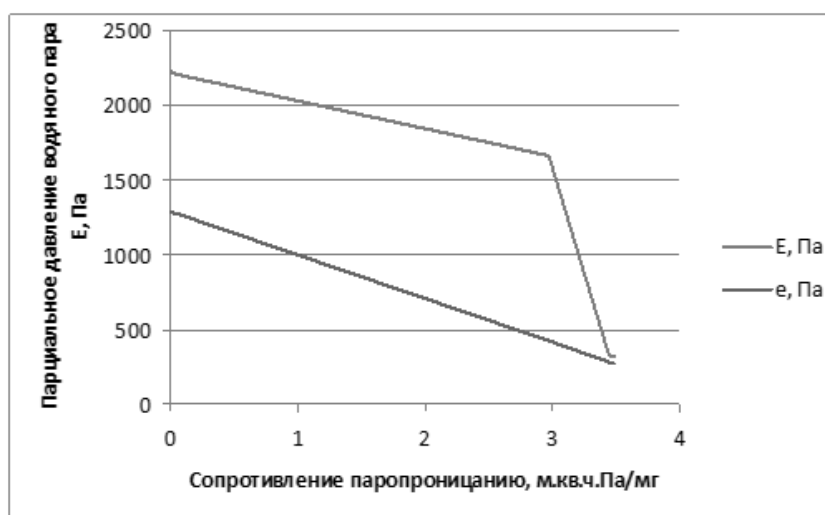
$$e_4 = 1286 - \frac{(1286 - 271) \cdot (0,046 + 2,92 + 0,48)}{3,49} = 282 \text{ Па} ;$$

$$e_5 = 271 \text{ Па} .$$

При сравнении в рассматриваемой конструкции наружной стены

величин максимального парциального давления водяного пара E_i и величин действительного парциального давления водяного пара e_i на соответствующих границах слоев следует, что все величины e_i ниже величин E_i , что указывает о низкой вероятности возможности конденсации водяного пара в ограждающей конструкции.

Для наглядности расчета построим график распределения максимального парциального давления водяного пара E_i и график изменения действительного парциального давления водяного пара e_i по толще стены в масштабе сопротивлений паропрооницанию его слоев (рис. 23). Из графиков, приведенных на рис. 23 видно, что эти кривые не пересекаются, что также свидетельствует о низкой вероятности образования конденсата в толще ограждения.



- распределение максимального парциального давления водяного пара E
- распределение действительного парциального давления водяного пара e

Рис. 23. Распределение парциального давления водяного пара в многослойной ограждающей конструкции (слева направо – от внутренней поверхности к наружной)

5.3. РАСЧЕТ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА

5.3.1. Расчетная амплитуда колебания результирующей температуры помещения A_{τ} , °С, жилых, а также общественных зданий (больниц, поликлиник, детских ясель-садов и школ) в холодный период года не должна превышать ее нормируемого значения A_{τ}^{req} , °С, в течение суток:

- при наличии центрального отопления - 1,5 °С;
- при стационарном электро- теплоаккумуляционном отоплении - 2,5 °С.

При наличии в здании отопления с автоматическим регулированием температуры внутреннего воздуха теплоустойчивость помещений в холодный период года не нормируется.

5.3.2. Расчетную амплитуду колебания результирующей температуры помещений жилых и общественных зданий в холодный период года A_{τ}^{des} , °С, следует определять в соответствии с подразделом 11.2 СП 23-101.

5.4. РАСЧЕТ ТЕПЛОУСВОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛОВ

5.4.1. Поверхность пола жилых и общественных зданий должна иметь расчетный показатель теплоусвоения Y_f^{des} , Вт/(м²·°С), не более нормируемой величины Y_f^{req} , установленной в табл. 30.

Нормируемые значения показателя Y_f^{req}

№ п/п	Здания, помещения и отдельные участки	Показатель теплоусвоения поверхно- сти пола Y_f^{req} , Вт/(м ² ·°С)
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)	14

5.4.2. Расчетный показатель теплоусвоения поверхности пола Y_f^{des} , Вт/(м²·°С), определяется в следующей последовательности:

а) определяется тепловая инерция D_i слоев конструкции пола по формуле:

$$D_i = R_i \cdot s_i, \quad (74)$$

где R_i - термическое сопротивление отдельного слоя конструкции пола, м²·°С/Вт, определяемое по формуле (22);

s_i - расчетный коэффициент теплоусвоения материала отдельного слоя конструкции, Вт/(м²·°С), принимаемый по Приложению 4 или по результатам теплотехнических испытаний.

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

$$Y_f^{des} = 2 s_1; \quad (75)$$

в) если первые n слоев конструкции пола (при $n \geq 1$) имеют суммарную тепловую инерцию $D_1 + D_2 + \dots + D_n < 0,5$, но тепловая инерция $(n + 1)$ слоев $D_1 + D_2 + \dots + D_{n+1} \geq 0,5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола Y_f^{des} следует определять последовательно расчетом показателей теплоусвоения поверхностей слоев конструкции, начиная с n -го до 1-го:

- для n -го слоя - по формуле

$$Y_f^{\text{des}} = \frac{(2 \cdot R_n \cdot s_n^2 + s_{n+1})}{0,5 + R_n \cdot s_{n+1}}; \quad (76)$$

- для i -го слоя ($i = n - 1; n - 2; \dots; 1$) - по формуле

$$Y_i = \frac{(4 \cdot R_i \cdot s_i^2 + Y_{i+1})}{1 + R_i \cdot Y_{i+1}}. \quad (77)$$

Показатель теплоусвоения поверхности пола Y_f^{des} принимается равным показателю теплоусвоения поверхности 1-го слоя Y_1 .

В формулах (74)-(77) и неравенствах:

$D_1, D_2, \dots, D_{n+1}$ - тепловая инерция соответственно 1-го, 2-го, ..., $(n + 1)$ -го слоев конструкции пола;

R_i, R_n - термические сопротивления, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, соответственно i -го и n -го слоев конструкции пола, определяемые по формуле (22);

s_1, s_i, s_n, s_{n+1} - расчетные коэффициенты теплоусвоения материала соответственно 1-го, i -го, n -го, $(n + 1)$ -го слоев конструкции пола, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемые по Приложению 4; при этом для зданий, помещений и отдельных участков, приведенных в поз. 1 и 2 табл. 30, - во всех случаях при условии эксплуатации А;

Y_{i+1} - показатель теплоусвоения поверхности $(i + 1)$ -го слоя конструкции пола, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

5.4.3. Если расчетная величина Y_f^{des} показателя теплоусвоения поверхности пола окажется не более нормативной величины Y_f^{req} , установленной в табл. 30, то этот пол удовлетворяет требованиям в

отношении теплоусвоения; если $Y_f^{des} > Y_f^{req}$, то следует взять другую конструкцию пола или изменить толщины некоторых его слоев до удовлетворения требованиям $Y_f^{des} \leq Y_f^{req}$.

5.4.4. Не нормируется показатель теплоусвоения поверхности пола:

- а) имеющего температуру поверхности выше 23 °С;
- б) помещений общественных зданий, эксплуатация которых не связана с постоянным пребыванием в них людей (залов музеев и выставок, в фойе театров, кинотеатров и т. п.).

5.4.5. Пример теплотехнического расчета конструкции пола в отношении теплоусвоения поверхности пола приведен ниже.

Пример теплотехнического расчета конструкции пола

Исходные данные

Определить, удовлетворяет ли требованиям п. 5.4 Пособия конструкция пола жилого здания в отношении теплоусвоения.

Состав конструкции пола и теплотехнические характеристики отдельных слоев конструкции пола представлены в табл. 31.

Таблица 31

Теплотехнические характеристики слоев конструкции пола

№ слоя	Материал	Толщина слоя δ , м	Плотность материала в сухом состоянии γ_3 , кг/м ³	Коэффициенты при условиях эксплуатации А		Термическое сопротивление R, м ² ·°С/Вт
				теплопроводности λ_2 , Вт/м ² ·°С	Теплоусвоения s, Вт/м ² ·°С	
1	Линолеум	0,003	1600	0,33	7,52	0,009
2	Мастика водостойкая	0,001	1000	0,18	4,56	0,0056
3	Сборная стяжка из гипсоволокнистых листов	0,0125	1150	0,3	6,00	0,042
4	Железобетонное перекрытие	0,14	2500	1,92	17,98	0,073

Порядок расчета

Определим тепловую инерцию D_i слоев конструкции пола по формуле (74):

$$D_1 = R_1 \cdot s_1 = 0,009 \cdot 7,52 = 0,068;$$

$$D_2 = R_2 \cdot s_2 = 0,0056 \cdot 4,56 = 0,026;$$

$$D_3 = R_3 \cdot s_3 = 0,042 \cdot 6,00 = 0,252;$$

$$D_4 = R_4 \cdot s_4 = 0,073 \cdot 17,98 = 1,31.$$

Так как суммарная тепловая инерция первых трех слоев

$$D_1 + D_2 + D_3 = 0,068 + 0,026 + 0,252 = 0,346 < 0,5,$$

а суммарная тепловая инерция четырех слоев

$$D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0,068 + 0,026 + 0,252 + 1,31 = 1,656 > 0,5,$$

то расчетный показатель теплоусвоения пола Y_f^{des} следует определять последовательно с учетом четырех слоев конструкции пола, начиная с третьего, по формулам (75)-(77):

$$Y_3 = \frac{2 \cdot R_3 \cdot s_3^2 + s_4}{0,5 + R_3 \cdot s_4} = \frac{2 \cdot 0,042 \cdot 6,00^2 + 17,98}{0,5 + 0,042 \cdot 17,98} = 14,7 \text{ Вт/} ({}^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2);$$

$$Y_2 = \frac{4 \cdot R_2 \cdot s_2^2 + Y_3}{1 + R_2 \cdot Y_3} = \frac{4 \cdot 0,0056 \cdot 4,56^2 + 14,7}{1 + 0,0056 \cdot 14,7} = 14,0 \text{ Вт/} ({}^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2);$$

$$Y_1 = Y_f^{\text{des}} = \frac{4 \cdot R_1 \cdot s_1^2 + Y_2}{1 + R_1 \cdot Y_2} = \frac{4 \cdot 0,009 \cdot 7,52^2 + 14,0}{1 + 0,009 \cdot 14,0} = 12,4 \text{ Вт/} ({}^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2);$$

Значение показателя теплоусвоения поверхности пола для жилых зданий согласно требованиями табл. 30 не должно превышать $Y_f^{\text{req}} = 12 \text{ Вт/} ({}^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2)$, а расчетное значение показателя теплоусвоения

для рассматриваемой конструкции пола составило $Y_f^{\text{des}} = 12,4 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}$. Следовательно, рассматриваемая конструкция пола не удовлетворяет требованиям п. 5.4. Введем в конструкцию пола поверх железобетонного перекрытия звукоизоляционное покрытие на основе вспененного пенополиэтилена и определим показатель теплоусвоения поверхности данной конструкции пола. Конструкция пола в этом случае будет состоять из пяти слоев (табл. 32).

Таблица 32

Конструкция пола

№ слоя	Материал	Толщина слоя δ , м	Плотность материала в сухом состоянии γ , кг/м ³	Коэффициенты при условиях эксплуатации А		Термическое сопротивление R , м ² ·°C/Вт
				теплопроводности λ , Вт/м ² ·°C	теплоусвоения s , Вт/м ² ·°C	
1	Линолеум	0,003	1600	0,33	7,52	0,009
2	Мастика водостойкая	0,001	1000	0,18	4,56	0,0056
3	Сборная стяжка из гипсоволокнистых листов	0,02	1150	0,3	6,00	0,066
4	Звукоизоляция рулонная на основе вспененного пенополиэтилена	0,004	40	0,032	0,45	0,125
5	Железобетонное перекрытие	0,14	2500	1,92	17,98	0,083

Так как суммарная тепловая инерция первых четырех слоев

$$D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0,068 + 0,026 + 0,252 + 0,056 = 0,402 < 0,5,$$

а суммарная тепловая инерция всех пяти слоев

$$D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5 = 0,068 + 0,026 + 0,252 + 0,056 + 1,31 = 1,712 > 0,5,$$

то расчетный показатель теплоусвоения поверхности пола Y_f^{des} следует определять последовательно с учетом всех пяти слоев конструкции пола, начиная с четвертого, по формулам (75)-(77):

$$Y_4 = \frac{2 \cdot R_4 \cdot s_4^2 + s_5}{0,5 + R_4 \cdot s_5} = \frac{2 \cdot 0,125 \cdot 0,45^2 + 17,98}{0,5 + 0,125 \cdot 17,98} = 6,56 \text{ Вт/} ({}^{\circ}\text{C}) ;$$

$$Y_3 = \frac{4 \cdot R_3 \cdot s_3^2 + Y_4}{1 + R_3 \cdot Y_4} = \frac{4 \cdot 0,066 \cdot 6,00^2 + 6,56}{1 + 0,066 \cdot 6,56} = 11,21 \text{ Вт/} ({}^{\circ}\text{C}) ;$$

$$Y_2 = \frac{4 \cdot R_2 \cdot s_2^2 + Y_3}{1 + R_2 \cdot Y_3} = \frac{4 \cdot 0,0055 \cdot 4,56^2 + 11,21}{1 + 0,0055 \cdot 11,21} = 10,99 \text{ Вт/} ({}^{\circ}\text{C}) ;$$

$$Y_1 = Y_f^{\text{des}} = \frac{4 \cdot R_1 \cdot s_1^2 + Y_2}{1 + R_1 \cdot Y_2} = \frac{4 \cdot 0,009 \cdot 7,52^2 + 10,99}{1 + 0,009 \cdot 10,99} = 11,85 \text{ Вт/} ({}^{\circ}\text{C}) ;$$

Таким образом, введение дополнительного звукоизоляционного слоя из вспененного пенополиэтилена толщиной 4 мм уменьшило значение показателя теплоусвоения поверхности пола с 12,4 до 11,85 Вт/(м²·°C). Следовательно, данная конструкция пола удовлетворяет требованиям по теплоусвоению полов, так как расчетное значение показателя теплоусвоения поверхности Y_f^{des} не превышает значения $Y_f^{\text{req}} = 12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot {}^{\circ}\text{C)}$, - требуемого показателя теплоусвоения поверхности пола для жилых зданий (в соответствии с требованиями табл. 30).

6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

6.1. Мероприятия по повышению энергетической эффективности жилых и общественных зданий на стадии эксплуатации следует осуществлять при реконструкции, модернизации и капитальном ремонте этих зданий.

6.2. Комплекс мероприятий по повышению энергетической эффективности зданий составляется на основании проведенных энергетических обследований эксплуатируемого здания.

6.3. В проекте реконструкции существующих жилых и общественных зданий должны быть проведены следующие мероприятия:

а) Повышение уровня тепловой защиты здания с доведением сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций до требуемого уровня.

Дополнительному утеплению подлежат следующие конструкции: наружные стены, надподвальные перекрытия, подкровельные перекрытия, надкровельные части вентиляционных каналов.

Утепление стен следует, как правило, предусматривать наружным.

Утепление надподвального перекрытия осуществляется со стороны подвала и должно обеспечивать температуру на поверхности пола первого жилого этажа не ниже 18 °С (при расчетной температуре в помещении подвала 5 °С).

Установка вторых дверей в тамбурах, а также оборудование их дверными доводчиками, обеспечивающими минимальные потери тепловой энергии.

б) Замена светопрозрачных конструкций на более энергоэффективные.

Новые заполнения световых проемов в ограждающих конструкциях выполняются в соответствии с требованиями табл. 10 Пособия.

Обязательным является утепление откосов световых проемов для исключения недопустимого влагонакопления в примыкающих к проемам участках стен.

в) Реконструкция инженерных систем, включающая:

- замену трубопроводов центрального отопления, горячего и холодного водоснабжения, водоотведения (предпочтительно применение труб из полимерных материалов);
- замену устаревших отопительных приборов систем отопления;
- замену тепловой изоляции трубопроводов и оборудования систем отопления и горячего водоснабжения здания;
- установку санитарно-технических приборов систем водоснабжения и канализации, оснащенных устройствами ограничения расхода воды;
- оснащение систем вентиляции зданий устройствами рекуперации тепла удаляемого воздуха;
- замену ламп накаливания в системах освещения зданий на энергоэффективные;
- установку датчиков движения в системах освещения зданий.

г) Оснащение зданий приборами учета используемых энергетических ресурсов, включающее:

- оснащение жилых зданий подомовыми и поквартирными приборами учета электрической энергии;
- оснащение зданий автоматизированными тепловыми пунктами;
- установку на отопительные приборы систем отопления зданий устройств индивидуального регулирования;
- оснащение систем отопления здания устройствами автоматического регулирования на распределительных сетях;
- оснащение электродвигателей насосов систем отопления, вентиляции, кондиционирования, водоснабжения зданий устройствами частотного регулирования.

6.4. Ремонт и техническое перевооружение жилых домов первых массовых серий проводить в соответствии с ТСН 13-302.

6.5. В общественных зданиях, а также в зданиях социального назначения (школах, например) рекомендуется применение периодического режима работы систем отопления.

6.6. Для объектов повторного применения рекомендуется разрабатывать типовые конструктивные и инженерные решения.

7. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА «МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СОБЛЮДЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ТРЕБОВАНИЙ ОСНАЩЕННОСТИ ЗДАНИЙ, СТРОЕНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИБОРАМИ УЧЕТА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ»

7.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

7.1.1. Проект здания должен содержать раздел «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов», в соответствии с постановлением Правительства РФ от 13 апреля 2010 года № 235 «О внесении изменений в положение «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». В разделе должен быть представлен перечень мероприятий по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности.

7.1.2. Разработка раздела «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов» осуществляется за счет средств заказчика.

7.1.3. Органы экспертизы должны осуществлять проверку соответствия данных раздела требованиям соответствующих норм.

7.1.4. Раздел «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов» должен содержать энергетический паспорт здания с пояснительной запиской и соответствующими расчетами, на

основании которых должен быть определен класс энергетической эффективности здания в соответствии с табл. 1 настоящего Пособия, заключение о соответствии проекта здания требованиям по тепловой защите и рекомендации по повышению энергетической эффективности в случае необходимости доработки проекта.

7.1.5. Пояснительная записка раздела должна содержать:

в текстовой части -

а) перечень мероприятий по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности, включающих:

- показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании;

- требования к архитектурным, функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям, влияющим на энергетическую эффективность зданий;

- требования к отдельным элементам, конструкциям зданий и их свойствам;

б) обоснование выбора оптимальных архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений и их надлежащей реализации при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта с целью обеспечения соответствия зданий требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов;

в) перечень требований энергетической эффективности, которым здание, должно соответствовать при вводе в эксплуатацию и в процессе эксплуатации, и сроки, в течение которых в процессе эксплуатации должно быть обеспечено выполнение указанных требований энергетической эффективности;

в графической части -

схемы расположения в зданиях, строениях и сооружениях приборов учета используемых энергетических ресурсов.

7.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ЗДАНИЯ

7.2.1. Энергетический паспорт здания следует разрабатывать для контроля качества при строительстве и эксплуатации зданий.

7.2.2. Энергетический паспорт должен входить в состав проектной и приемосдаточной документации вновь возводимых, реконструируемых, капитально ремонтируемых зданий, при осуществлении функций инспекцией ГАСН и при приемке здания в эксплуатацию.

7.2.3. Включение эксплуатируемого здания в список на заполнение энергетических паспортов, анализ заполненного паспорта и принятие решения о необходимых мероприятиях производится в порядке, определяемом постановлением Правительства г. Санкт-Петербурга.

7.2.4. Данные, включенные в энергетический паспорт здания, должны излагаться в нижеприведенной последовательности:

- сведения о типе и функциональном назначении здания, его этажности и объеме;
- данные об объемно-планировочном решении с указанием данных о геометрических характеристиках и ориентации здания, площади его ограждающих конструкций и пола отапливаемых помещений;
- климатические характеристики района строительства, включая данные об отопительном периоде;
- проектные данные по теплозащите здания, включающие приведенные сопротивления теплопередаче, как отдельных компонентов ограждающих конструкций, так и здания в целом;
- проектные данные по системам поддержания микроклимата и способам их регулирования в зависимости от изменения климатических воздействий, по системам теплоснабжения здания;
- проектные теплоэнергетические характеристики здания, включающие удельные расходы тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода по отношению к 1 м^2 отапливаемой площади (или 1 м^3 отапливаемого объема) и градусо-суткам отопительного периода;
- изменения в построенном здании (объемно-планировочные,

конструктивные, систем поддержания микроклимата) по сравнению с рабочей документацией;

- результаты испытания энергопотребления и тепловой защиты здания после годичного периода его эксплуатации;
- класс энергетической эффективности здания;
- рекомендации по повышению энергетической эффективности здания.

7.2.5. Энергетическая эффективность здания определяется по следующим критериям:

- удельный расход тепловой энергии на отопление в течение отопительного периода q_h^{des} , $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$ [$\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$];
- показатель компактности здания k_e , $1/\text{м}$;
- общий коэффициент теплопередачи здания K_m , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- приведенный коэффициент теплопередачи здания через наружные ограждающие конструкции K_m^{tr} , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- условный коэффициент теплопередачи здания K_m^{tr} , учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- кратность воздухообмена здания за отопительный период n_a , ч^{-1} ;
- коэффициент остекленности фасада здания f .

7.2.6. Испытания и присвоение класса энергетической эффективности должны выполняться независимыми организациями, аккредитованными в установленном порядке. В случае получения результата испытаний ниже «нормального» уровня инспектирующей организации следует разработать незамедлительные меры по повышению энергоэффективности здания.

7.2.7. Для существующих зданий энергетический паспорт здания следует разрабатывать по заданиям организаций, осуществляющих эксплуатацию жилого фонда и зданий общественного назначения. При этом на здания, исполнительная документация на строительство которых не сохранилась, энергетические паспорта здания составляются на основе материалов Бюро технической инвентаризации,

натурных технических обследований и измерений, выполняемых квалифицированными специалистами, имеющими допуск на выполнение соответствующих работ.

7.2.8. Для жилых многоквартирных зданий с встроенно-пристроенными нежилыми помещениями в нижних этажах энергетические паспорта следует составлять отдельно по жилой части и каждому встроенно-пристроенному нежилому блоку; раздел «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов» составляется на все здание.

7.2.9. Пример составления раздела «Мероприятия по обеспечению требований энергетической эффективности» и заполнения энергетических паспортов приведен ниже.

ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ РАЗДЕЛА
«Мероприятия по обеспечению требований
энергетической эффективности»
ДОШКОЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НА 110 МЕСТ
Проект

1. Исходные данные для расчета
теплоэнергетических параметров здания

1.1. Общая характеристика здания

Название объекта	Детское дошкольное учреждение
Адрес	г. Санкт-Петербург, ул..., дом...
Общая высота здания, м	8
Отапливаемая площадь, м ²	2314,0
Отапливаемый объем, м ³	7965,0
Общая площадь наружных ограждений, м ²	3719,7

1.2. Проектные решения здания

Наружные стены	Многослойные с навесным вентилируемым фасадом, выполнены из камня пустотелого из поризованной керамики (<i>указывается марка материала в соответствии с номенклатурой выпускаемых заводом-изготовителем изделий</i>) толщиной 510 мм, утепленные снаружи минераловатными плитами (<i>указывается название производителя и тип плит</i>) толщиной 80 мм
Кровля	Совмещенная, утеплена минераловатными плитами (<i>указывается название производителя и тип плит</i>) толщиной 220 мм
Перекрытие над неотапливаемым подвалом	Утеплено минераловатными плитами (<i>указывается название производителя и тип плит</i>) толщиной 150 мм
Светопрозрачные конструкции	Оконные блоки – 3-5 камер., армирование – металл, ширина коробки – 58-62 мм (<i>указывается марка и шифр оконного блока</i>)
Источник тепло-снабжения	Городские сети
Теплоноситель	Вода с параметрами 80/60 °С
ИТП	В подвале здания
Система отопления	Двухтрубная вертикальная с нижним подсоединением к магистральным трубопроводам
Отопительные приборы	Стальные панельные радиаторы (<i>указывается название изготовителя и тип оборудования</i>) с запорной и регулирующей арматурой, с термостатическим элементом типа ..., производства (<i>указывается название производителя и типы оборудования</i>)
Вентиляция	Естественная и приточно-вытяжная с механическим побуждением для помещений постирочной, пищеблока и бассейна (<i>указываются типы и характеристики оборудования</i>)
Автоматизация системы вентиляции	С децентрализованным механическим удалением воздуха и приточными клапанами без авторегулирования (с ручным управлением)

Схема расположения приборов учета используемых энергетических ресурсов представлена на рис. 24.

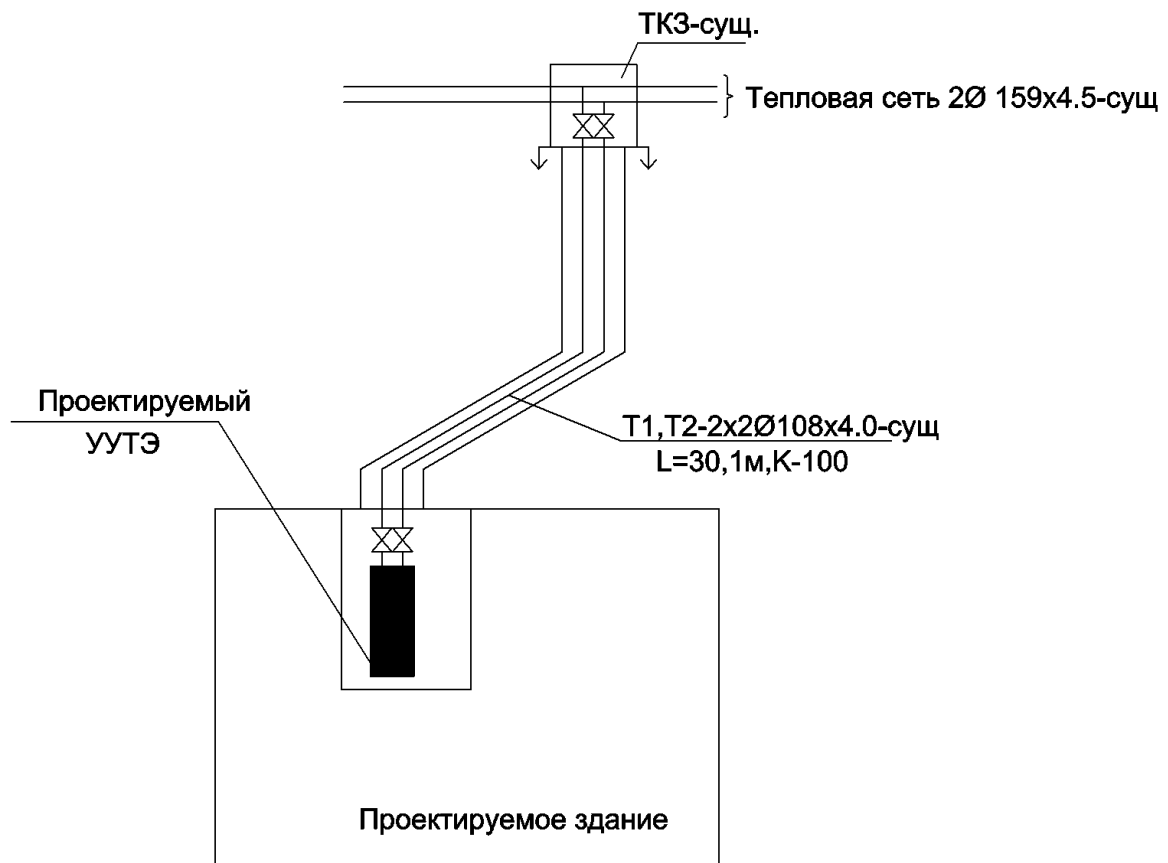


Рис. 24. Схема расположения в здании приборов учета используемых энергетических ресурсов

1.3. Климатические и теплоэнергетические параметры

1.3.1. Расчетная температура внутреннего воздуха для дошкольных учреждений: $t_{\text{int}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (согласно табл. 5).

1.3.2. Расчетная температура наружного воздуха в холодный период года: $t_{\text{ext}} = -26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (согласно табл. 4).

1.3.3. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период: $t_{\text{ht}} = -0,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (согласно табл. 4).

1.3.4. Продолжительность отопительного периода для дошкольных учреждений: $z_{\text{ht}} = 239$ суток (согласно табл. 6).

1.3.5. Градусо-сутки отопительного периода: $D_d = 5473 \text{ }^{\circ}\text{C сут}$ (согласно табл. 6).

1.3.6. Теплотехнические характеристики наружных ограждающих конструкций (требуемые – по табл. 10):

Тип ограждения	Требуемые значения, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	Расчетные значения R_{des}^r , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
Наружные стены	$R_w^{\text{req}} = 3,32$	$R_w^r = 3,64$
Покрытие	$R_c^{\text{req}} = 4,94$	$R_c^r = 5,10$
Перекрытие над не-отапливаемым подвалом	$R_f^{\text{req}} = 0,75 \times 4,36 = 3,27$	$R_f^r = 3,62$
Входные двери	$R_{\text{ed}}^{\text{req}} = 0,8$	$R_{\text{ed}}^r = 1,2$
Оконные блоки	$R_F^{\text{req}} = 0,56$	$R_F^r = 0,70$

1.3.7. Требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию 2^х-этажного здания дошкольного учреждения: $q_h^{\text{req}} = 38 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \text{ сут})$ (согласно табл. 3).

2. Объемно-планировочные характеристики проектируемого здания

2.1. Коэффициент остекленности фасадов здания f определяется по формуле:

$$f = \frac{A_F}{A_{w+F+ed}} = \frac{457,8}{1315,7} = 0,34.$$

2.2. Показатель компактности здания k_e^{des} определяется по формуле (2):

$$k_e^{\text{des}} = \frac{A_e^{\text{sum}}}{V_h} = \frac{3719,7}{7965,0} = 0,47.$$

3. Расчет удельного энергопотребления проектируемого здания

Расчеты произведены в соответствии с Приложением Г СНиП 23-02-2003 [1].

3.1. Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания K_m^{tr} [$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$], определяется по формуле (Г.5) [1]:

$$K_m^{tr} = \frac{\left(\frac{A_w}{R_w^r} + \frac{A_F}{R_F^r} + \frac{A_{ed}}{R_{ed}^r} + \frac{A_c}{R_c^r} + n \cdot \frac{A_f}{R_f^r} \right)}{A_e^{sum}} =$$

$$= \frac{\left(\frac{807,2}{3,64} + \frac{457,8}{0,70} + \frac{50,7}{1,2} + \frac{1186,0}{5,10} + 0,75 \cdot \frac{1218,0}{3,62} \right)}{3719,7} = 0,4,$$

где n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху согласно табл. 12;

A_w, R_w^r - соответственно площадь [m^2] и приведенное сопротивление теплопередаче [$m^2 \cdot ^\circ C / Вт$] наружных стен (за исключением проемов);

A_F, R_F^r - то же, заполнения светопроемов (окон, витражей, фонарей);

A_{ed}, R_{ed}^r - то же, наружных дверей и ворот;

A_c, R_c^r - то же, совмещенных покрытий (в том числе над эркерами);

A_f, R_f^r - то же, перекрытий над неотапливаемым подвалом;

A_e^{sum} - общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций [m^2].

3.2. Приведенный условный (инфильтрационный) коэффициент теплопередачи здания K_m^{inf} [$Вт / (m^2 \cdot ^\circ C)$] рассчитывается по формуле (Г.6) [1]:

$$K_m^{inf} = \frac{0,28 \cdot c \cdot n_\alpha \cdot \beta_v \cdot V_h \cdot \rho_\alpha^{ht}}{A_e^{sum}} = \frac{0,28 \cdot 1 \cdot 1,053 \cdot 0,85 \cdot 7965 \cdot 1,3}{3719,7} = 0,698,$$

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

n_α - средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч^{-1} , рассчитываемая по формуле (Г.8) [1]:

$$n_\alpha = \frac{\left[L_v \cdot n_v \cdot \frac{1}{168} + G_{\text{inf}} \cdot k \cdot n_{\text{inf}} \cdot \frac{1}{168 \cdot \rho_\alpha^{\text{ht}}} \right]}{\beta_v \cdot V_h} =$$

$$= \frac{\left[9256 \cdot 120 \cdot \frac{1}{168} + 3385,13 \cdot 0,7 \cdot 48 \cdot \frac{1}{168 \cdot 1,3} \right]}{0,85 \cdot 7965,0} = 1,053 (\text{ч}^{-1}),$$

где L_v - количество приточного воздуха в здание, равное $9256 \text{ м}^3/\text{ч}$;

n_v - число часов работы механической вентиляции в течение недели, $n_v = 120$;

G_{inf} - количество инфильтрующегося воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей; допускается принимать для детских дошкольных учреждений $G_{\text{inf}} = 0,5 \cdot \beta_v \cdot V_h = 3385,13 \text{ м}^3$;

168 - число часов в неделе;

k - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях, равный для окон с тройными переплетами 0,7;

n_{inf} - число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное:

$$n_{\text{inf}} = 168 - n_v;$$

β_v - коэффициент, учитывающий долю внутренних ограждающих конструкций в отапливаемом объеме здания, принимаемый равным 0,85;

V_h - отапливаемый объем здания, 7965 м^3 ;

ρ_α^{ht} - средняя плотность наружного воздуха за отопительный период, принимаемая равной $1,3 \text{ кг/м}^3$.

3.3. Общий коэффициент теплопередачи здания K_m [Вт/(м²·°C)], определяется по формуле (Г.4) [1]:

$$K_m = K_m^{\text{tr}} + K_m^{\text{inf}} = 0,4 + 0,698 = 1,098.$$

где K_m - общий коэффициент теплопередачи здания [Вт/(м²·°C)];

K_m^{tr} - приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания [Вт/(м²·°C)];

K_m^{inf} - приведенный условный (инфильтрационный) коэффициент теплопередачи здания [Вт/(м²·°C)].

3.4. Общие теплотери здания за отопительный период Q_h [МДж] определяются по формуле (Г.3) [1]:

$$Q_h = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_e^{\text{sum}} = 0,0864 \cdot 1,098 \cdot 4796 \cdot 3719,7 = 1692401 (\text{МДж}).$$

3.5. Бытовые тепlopоступления в течение отопительного периода Q_{int} [МДж] определяются по формуле (Г.10) [1]:

$$Q_{\text{int}} = 0,0864 \cdot q_{\text{int}} \cdot z_{\text{ht}} \cdot A_{\ell} = 0,0864 \cdot 10 \cdot 239 \cdot 2021,3 = 417390 (\text{МДж}),$$

где q_{int} - величина бытовых тепlopоступлений на 1 м² площади жилых помещений или расчетной площади общественного здания, Вт/м²;

z_{ht} - продолжительность отопительного периода;

A_{ℓ} - расчетная площадь, м².

3.6. Тепlopоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода Q_s , МДж, для четырех фасадов проектируемого здания, ориентированных по четырем направлениям, следует определять по формуле (Г.11) [1]:

$$Q_s = \tau_F \cdot k_F \cdot (A_{F1} \cdot I_1 + A_{F2} \cdot I_2 + A_{F3} \cdot I_3 + A_{F4} \cdot I_4) + \tau_{\text{scy}} \cdot k_{\text{scy}} \cdot A_{\text{scy}} \cdot I_{\text{hor}} =$$

$$= 0,78 \cdot 0,76 \cdot (9,8 \cdot 902 + 78,5 \cdot 902 + 79,9 \cdot 455 + 199,6 \cdot 455) + 170739 = 170739 (\text{МДж}),$$

здесь τ_F – коэффициент, учитывающий затенение светового проема непрозрачными элементами заполнения; согласно табл. Л.1 Приложения Л [2] $\tau_F = 0,78$;

k_F – коэффициент относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений; согласно табл. Л.1 Приложения Л [2] $k_F = 0,76$;

$A_{F1}, A_{F2}, A_{F3}, A_{F4}$ – площадь светопроемов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырем направлениям, m^2 ;

I_1, I_2, I_3, I_4 – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно по четырем сторонам здания, $МДж/м^2$, определяется по табл. 7 настоящего Пособия;

3.7. Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода Q_h^y , $МДж$, следует определять по уравнению баланса (Г.2) [1]:

$$Q_h^y = Q_h - Q_{int} + Q_s \cdot \psi \cdot \xi \cdot \beta_h = 692401 - 417390 + 170739 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1,11 = 1382420 (МДж),$$

ψ – коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемое значение $\psi = 0,8$;

ξ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления (в двухтрубной системе отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе $\xi = 0,95$);

β_h – коэффициент, учитывающий дополнительное теплопотребление системы отопления, связанное и дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплопотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения, принимаем $\beta_h = 1,11$.

3.8. Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания

q_h^{des} , кДж/(м³·°С·сут), определяется по формуле (Г.1) [1]:

$$q_h^{des} = \frac{10^3 \cdot Q_h^y}{V_h \cdot D_d} = \frac{10^3 \cdot 1\,382\,420}{7965,0 \cdot 5437,0} = 31,9 \text{ кДж/(м}^3 \cdot ^\circ\text{С} \cdot \text{сут)}$$

3.9. Для 2-х этажного здания дошкольного учреждения нормируемое значение удельного расхода энергии на отопление согласно требованиям табл. 4 Приказа Министерства регионального развития РФ № 262 от 28 мая 2010 г. составляет $q_h^{req} = 38$ кДж/(м³·°С·сут).

3.10. Величину отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания q_h^{des} от нормируемого q_h^{req} следует рассчитывать по формуле (1) настоящего Пособия:

$$k_{eff} = \frac{q_h^{des} - q_h^{req}}{q_h^{req}} \cdot 100\% = \frac{31,9 - 38,0}{38,0} \cdot 100\% = -16\%.$$

4. Заключение

4.1. Теплотехнические показатели наружных ограждающих конструкций 2^х-этажного здания детского дошкольного учреждения соответствуют требованиям СНиП 23-02 [1].

4.2. Величина отклонения расчетного значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания от нормативного составляет минус 16 %. Следовательно, здание относится к классу В («Высокий») по энергетической эффективности (согласно Приложению 1 Приказа Министерства регионального развития РФ №161 от 8 апреля 2011 г.).

5. Список используемых нормативных документов

1. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий
2. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий

6. Энергетический паспорт здания

(по форме Приложения Д СНиП 23-02-2003)

Общая информация

Дата заполнения (число, месяц, год)	
Адрес здания	г. Санкт-Петербург, ...
Разработчик проекта	
Застройщик-заказчик	
Ген. подрядчик	
Владелец здания	
Шифр проекта	

Расчетные условия

№	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°C	+ 22
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°C	– 26
3	Расчетная температура теплого чердака	t_{int}^g	°C	-
4	Расчетная температура подвала	t_{int}^b	°C	-
5	Продолжительность отопительного периода	z_{ht}	сут	239
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ht}	°C	– 0,9
7	Градусо-сутки отопительного периода	D_d	°C сут	5473

Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания

8	Назначение	Детское дошкольное учреждение
9	Размещение в застройке	Отдельно стоящее
10	Тип	Малоэтажное: 2 этажа
11	Конструктивное решение	С несущими стенами из керамического кирпича, утепленные снаружи минераловатным утеплителем, с вентилируемым фасадом

Геометрические и теплоэнергетические показатели

№	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Требуемое значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5	6
Геометрические показатели					
12	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания	$A_e^{sum}, \text{м}^2$	-	3719,7	
	В том числе:				
	Стен:	$A_w, \text{м}^2$		807,2	
	Окон, балконных дверей, витражей	$A_F, \text{м}^2$		457,8	
	Входных дверей и ворот	$A_{ed}, \text{м}^2$		50,7	
	Покровов	$A_c, \text{м}^2$		1186,0	
	Перекрытий: над неотапливаемым подвалом	$A_f, \text{м}^2$		1218,0	
	пола по грунту		-	-	
13	Площадь квартир	$A_h, \text{м}^2$	-	-	
14	Полезная площадь	$A_h, \text{м}^2$	-	2314,0	
15	Площадь жилых помещений	$A_l, \text{м}^2$	-	-	
16	Расчетная площадь	$A_l, \text{м}^2$	-	2021,3	
17	Отапливаемый объем	$V_h, \text{м}^3$	-	7965,0	
18	Коэффициент остекленности фасада здания	f	0,25	0,34	
19	Показатель компактности здания	$k_e, 1/\text{м}$	-	0,47	

Теплоэнергетические показатели

№	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Требуемое значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5	6
Теплотехнические показатели					
20	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений:	$\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$			
	стен:	R_w^r	3,32	4,64	
	оконных и дверных балконных блоков	R_F^r	0,56	0,70	
	входных дверей	R_{ed}^r	0,8	1,2	
	покрытий	R_{cl}^o	4,94	5,10	
	перекрытий над проездами	R_f	-	-	
	перекрытий чердачных	R_f	-	-	
	перекрытий над неотапливаемым подвалом	R_f^o	3,27	3,62	
	пола по грунту	R_f	-	-	
21	Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^{tr}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	-	0,4	
22	Кратность воздухообмена	$n_a, \text{ч}^{-1}$	-	1,053	
23	Приведенный (условный) инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^{inf}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	-	0,698	
24	Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_m, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	-	1,098	

№	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Требуемое значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5	6
Энергетические показатели					
25	Общие теплотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период	Q_h , МДж	-	1 692 401	
26	Удельные бытовые тепловыделения в здании	q_{int} , Вт/м ²	-	10	
27	Бытовые теплопоступления в здание за отопительный период	Q_{int} , МДж	-	417 390	
28	Теплопоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период	Q_s , МДж	-	170 730	
29	Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период	Q_h^y , МДж	-	1 382 420	

Коэффициенты

№	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя
30	Расчетный коэффициент энергетической эффективности системы централизованного теплоснабжения здания от источника теплоты	ε_0^{des}	-	-
31	Расчетный коэффициент энергетической эффективности поквартирных и автономных систем теп-	ε_{dec}	-	-

№	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя
	лоснабжения здания от источника теплоты			
32	Коэффициент эффективности авторегулирования	ζ	-	0,95
33	Коэффициент учета встречного теплового потока	k	-	0,7
34	Коэффициент учета дополнительного теплоснабжения	β_h	-	1,11

Комплексные показатели

35	Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания	q_h , кДж/м ³ ·°C· сут	38	31,9
36	Класс энергетической эффективности		высокий - «В»	
37	Соответствует ли проект здания нормативному требованию		да	
38	Дорабатывать ли проект здания		нет	

39	Указания по повышению энергетической эффективности
	Рекомендуем: уменьшить затраты тепловой энергии на вентиляцию помещений за счет установки рекуператоров тепла вентиляционного воздуха

40	Паспорт заполнен:
	Организация:
	Адрес и телефон:
	Ответственный _____ исполнитель:

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ

В настоящем Пособии использованы следующие законодательные документы:

Федеральный закон № 190-ФЗ от 29 декабря 2004 г. «Градостроительный Кодекс Российской Федерации»;

Федеральный закон № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 г. «О техническом регулировании»;

Федеральный закон № 123-ФЗ от 3 августа 1995 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;

Постановление Правительства Российской Федерации № 87 от 16 февраля 2008 г. «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» (с изменениями, внесенными постановлением Правительства РФ № 427 от 18 мая 2009 г.; постановлением Правительства № 1044 от 21 декабря 2009 г.; постановлением Правительства РФ № 235 от 13 апреля 2010 г.);

Указ президента РФ № 889 от 4 июня 2009 г. «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики»;

Федеральный закон № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

Федеральный закон № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;

Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации № 61 от 17 февраля 2010 г. «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;

Постановление Правительства РФ от 13 апреля 2010 года № 235 «О внесении изменений в положение «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»;

Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации № 262 от 28 мая 2010 г. «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений»;

Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации № 229 от 4 июня 2010 г. «О требованиях энергетической эффективности товаров, используемых для создания элементов конструкций зданий, строений, сооружений, в том числе инженерных систем ресурсоснабжения, влияющих на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений»;

Распоряжение Правительства Санкт-Петербурга № 75-рп от 26 июля 2010 г. «Об утверждении плана мероприятий по реализации на территории Санкт-Петербурга Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

Постановление Правительства Санкт-Петербурга № 930 от 27 июля 2010 г. «О региональной программе Санкт-Петербурга в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;

Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р «Государственная программа РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»;

Постановление Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 г. № 19 «Об утверждении Положения о требованиях, предъявляемых к сбору, обработке, систематизации, анализу и использованию данных энергетических паспортов, составленных по результатам обязательных и добровольных энергетических обследований».

ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ТЕКСТЕ

В настоящем Пособии приведены ссылки на следующие нормативные и методические документы:

СНиП 23-01-99* «Строительная климатология»

СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»

СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий»

СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные»

СНиП 31-02-2001 «Дома жилые одноквартирные»

СНиП 31-05-2003 «Общественные здания административного назначения»

СНиП 31-06-2009 «Общественные здания и сооружения»

СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»

СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях»

СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность»

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

СанПиН 2.4.1.2660-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы в дошкольных организациях»

СанПиН 2.4.2.1178-02 «Гигиенические требования к условиям обучения в общеобразовательных учреждениях»

ТСН 13-302-2004 Санкт-Петербург «Ремонт и техническое перевооружение жилых домов первых массовых серий»

ТСН 23-340-2003 Санкт-Петербург «Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормативы по энергопотреблению и тепловой защите»

ТСН 31-324-2002 Санкт-Петербург «Дошкольные образовательные учреждения»

ГОСТ 12.1.005-88* «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

ГОСТ 111-2001 «Стекло листовое. Технические условия»

ГОСТ 379-95 «Кирпич и камни силикатные. Технические условия»

ГОСТ 530-2007 «Кирпич и камень керамический. Общие технические условия»

ГОСТ 931-90 «Листы и полосы латунные. Технические условия»

ГОСТ 2695-83* «Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия»

ГОСТ 2697-83* «Пергамин кровельный. Технические условия»

ГОСТ 4598-86* «Плиты древесноволокнистые. Технические условия»

ГОСТ 5578-94** «Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия»

ГОСТ 5742-76 «Изделия из ячеистых бетонов теплоизоляционные»

ГОСТ 5781-82 «Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций»

ГОСТ 6266-97 «Листы гипсокартонные. Технические условия»

ГОСТ 6428-83 Плиты гипсовые для перегородок. Технические условия.

ГОСТ 6617-76* «Битумы нефтяные строительные. Технические условия»

ГОСТ 7251-77* «Линолеум поливинилхлоридный на тканой и нетканой подоснове. Технические условия»

ГОСТ 7473-94 «Смеси бетонные. Технические условия»

ГОСТ 8486-86* «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия»

ГОСТ 8673-93 «Плиты фанерные. Технические условия»

ГОСТ 8736-93* «Песок для строительных работ. Технические условия»

ГОСТ 8904-81* «Плиты древесноволокнистые твердые с лакокрасочным покрытием. Технические условия»

ГОСТ 9128-2009 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия»

ГОСТ 9462-88* «Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия»

ГОСТ 9463-88* «Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия»

ГОСТ 9480-89 «Плиты облицовочные пиленные из природного камня. Технические условия»

ГОСТ 9548-74* «Битумы нефтяные кровельные. Технические условия»

ГОСТ 9583-75* «Трубы чугунные напорные, изготовленные методами центробежного и полунепрерывного литья. Технические условия»

ГОСТ 9757-90* «Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия»

ГОСТ 10632-2007 «Плиты древесно-стружечные. Технические условия»

ГОСТ 10832-91* «Песок и щебень перлитовые вспученные. Технические условия»

ГОСТ 10923-93* «Рубероид. Технические условия»

ГОСТ 12865-67 «Вермикулит вспученный»

ГОСТ 155527-2004 «Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением»

ГОСТ 16136-2003 «Плиты перлитобитумные теплоизоляционные. Технические условия»

ГОСТ 18108-80* «Линолеум поливинилхлоридный на теплозвукоизолирующей подоснове. Технические условия»

ГОСТ 18124-95 «Листы асбестоцементные плоские. Технические условия»

ГОСТ 19222-84 «Арболит и изделия из него. Общие технические условия»

ГОСТ 22233-2001 «Профили прессованные из алюминиевых сплавов для светопрозрачных ограждающих конструкций. Технические условия»

ГОСТ 23166-99 «Блоки оконные. Общие технические условия»

ГОСТ 24700-99 «Блоки оконные деревянные со стеклопакетами. Технические условия»

ГОСТ 24767-81* «Профили холодногнутые из алюминия и алюминиевых сплавов для ограждающих строительных конструкций. Технические условия»

ГОСТ 24866-99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения. Технические условия»

ГОСТ 25192-82* «Бетоны. Классификация и общие технические требования»

ГОСТ 25485-89 «Бетоны ячеистые. Технические условия»

ГОСТ 25820-2000 «Бетоны легкие. Технические условия»

ГОСТ 25891-83* «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления воздухопроницанию ограждающих конструкций»

ГОСТ 26602.1-99 «Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления теплопередаче»

ГОСТ 26602.2-99 «Блоки оконные и дверные. Методы определения воздухо- и водонепроницаемости»

ГОСТ 26629-85 «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций»

ГОСТ 26633-91* «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия»

ГОСТ 28013-98* «Растворы строительные. Общие технические условия»

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

ГОСТ 30547-97* «Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Общие технические условия»

ГОСТ 30674-99 «Блоки оконные из поливинилхлоридных профилей. Технические условия»

ГОСТ 30734-2000 «Блоки оконные деревянные мансардные. Технические условия»

ГОСТ 30815-2002 «Терморегуляторы автоматические отопительных приборов систем водяного отопления зданий. Общие технические условия»

ГОСТ 30971-2002 «Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновым проемам. Общие технические условия»

ГОСТ 31166-2003 «Конструкции ограждающие зданий и сооружений. Метод калориметрического определения коэффициента теплопередачи»

ГОСТ 31167-2003 «Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях»

ГОСТ 31168-2003 «Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление»

ГОСТ 31359-2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия»

МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению»

Примечание: При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных документов на территории РФ по соответствующим указателям, составленным по состоянию на 1 января текущего года. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящими рекомендациями следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем Пособии приведены следующие термины с соответствующими определениями:

1. Тепловая защита здания

Thermal performance of a building

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

Specific energy demand for heating of a building of a heating season

q_h^{des}

Количество тепловой энергии за отопительный период, необходимое для компенсации теплопотерь здания 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 и градусо-суткам отопительного периода

3. Класс энергетической эффективности

Category of the energy efficiency rating

k_{eff}

Обозначение уровня энергетической эффективности здания, характеризуемого интервалом значений удельного годового потребления энергии на отопление и вентиляцию, в % от базового нормируемого значения.

4. Энергетический паспорт проекта здания

The energy passport of the project of a building

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

Indoor climate of a premise

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

Optimum parameters of indoor climate of the premises

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

Internal heat gain to a building

Q_{int} ,
 Q_s

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

Index of the shape of a building

k_e^{des}

Отношение общей площади внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций здания к заключенному в них отапливаемому объему

9. Коэффициент остекленности фасада здания

Glazing-to-wall ratio

f

Отношение площадей светопроемов к суммарной площади наружных ограждающих конструкций фасада здания, включая светопроемы

10. Отапливаемый объем здания

Heating volume of a building

V_h

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

Cold (heating) season of a year

Период года, характеризующийся средней суточной температурой наружного воздуха, равной и ниже 10 или 8 °С в зависимости от вида здания (по ГОСТ 30494)

12. Теплый период года

Warm season of a year

Период года, характеризующийся средней суточной температурой воздуха выше 8 или 10 °С в зависимости от вида здания (по ГОСТ 30494)

13. Продолжительность отопительного периода

Length of the heating season

z_{ht}

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

Mean temperature of outdoor air of the heating season

t_{ht}

Расчетная температура наружного воздуха, осредненная за отопительный период по средним суточным температурам наружного воздуха

15. Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции

The reduced resistance to a heat transfer of a fragment of a enclosuring

$R_o^r, \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$

Физическая величина, характеризующая усредненную по площади плотность потока теплоты через фрагмент теплозащитной оболочки здания в стационарных условиях теплопередачи, численно равная отношению разности температур по разные стороны фрагмента к усредненной по площади плотности потока теплоты через фрагмент.

16. Условное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции

The conventional resistance to a heat transfer of a fragment of a enclosuring

$R_o, \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$

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

17. Коэффициент теплотехнической однородности

Factor of thermotechnical uniformity

γ

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.

**18. Теплотехнически
неоднородный фраг-
мент ограждающей
конструкции (Тепло-
техническая неоднородность)**

Thermotechnical nonuniform fragment of a enclosing

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

**19. Теплозащитная
оболочка здания**

Heat protection enclosure of a building

Совокупность ограждающих конструкций, образующих замкнутый контур, ограничивающий отапливаемый объем здания.

20. Точка росы

Dew-point

t_d Температура, при которой начинается образование конденсата в воздухе с определенной температурой и относительной влажностью.

**21. Энергетическая
эффективность**

Energy efficiency

Характеристика, отражающая отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта.

22. Энергосбережение

Energy savings

Реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования.

РАСЧЕТНЫЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Таблица П.4

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации)						
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удель- ная теп- ло- емкость c_0 , кДж/кг· °С	Коэф. тепло- прово- дности λ_0 , Вт/м· °С	массового отношения влаги в материале ω , %		теплопровод- ности λ , Вт/м· °С		теплоусвоения (при периоде 24 ч) s , Вт/м ² ·°С		паро- прони- цаемости μ , мг/м·ч· Па
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	Теплоизоляционные материалы										
A	Полимерные										
ООО «Завод ТЕХНОПЛЕКС» (ТУ 2244-047-17925162-2006)											
1	Техноплекс 30	30	1,45	0,029	2	3	0,031	0,031	0,32	0,33	0,011
2	Техноплекс 30 стандарт	30	1,45	0,029	2	3	0,031	0,031	0,32	0,33	0,011
3	Техноплекс 35	35	1,45	0,029	2	3	0,031	0,031	0,35	0,35	0,010
4	Техноплекс 35 стандарт	35	1,45	0,029	2	3	0,031	0,031	0,35	0,35	0,010
5	Техноплекс 45	45	1,45	0,030	2	3	0,032	0,032	0,40	0,41	0,005
ООО «УРСА Серпухов» (ТУ 5767-001-56864652-2008)											
6	URSA XPS N-III	38	1,34	0,033	1	2	0,032	0,033	0,35	0,36	0,004
7	URSA XPS N-V	42	1,34	0,034	1	2	0,033	0,034	0,37	0,38	0,004
ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб»											
8	Плиты «Пеноплэкс» марки 35	33÷38	1,65	0,028	2	3	0,029	0,030	0,36	0,37	0,018
9	То же, марки 45	38,1-45	1,53	0,030	2	3	0,031	0,032	0,40	0,42	0,015

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ООО «КНАУФ-Пенопласт» (ТУ № 2244-003-50934765-2002)											
10	Knauf Therm 15 T	10	1,34	0,042	2	10	0,047	0,055	0,22	0,25	0,035
11	Knauf Therm Compack	10÷15	1,34	0,039	2	10	0,045	0,052	0,24	0,29	0,032
12	Knauf Therm Facade	17	1,34	0,038	2	10	0,040	0,047	0,27	0,32	0,026
13	Knauf Therm Euro Fa- cade	13÷15	1,34	0,037	2	10	0,041	0,048	0,24	0,29	0,026
14	Knauf Therm Wall	10÷12	1,34	0,040	2	10	0,045	0,052	0,23	0,27	0,033
15	Knauf Therm 25	13÷17	1,34	0,038	2	10	0,042	0,049	0,26	0,31	0,033
16	Knauf Therm Concrete	15÷17	1,34	0,036	2	10	0,040	0,047	0,26	0,31	0,023
17	Knauf Therm Panel	15÷17	1,34	0,036	2	10	0,040	0,047	0,26	0,31	0,027
18	Knauf Therm Panel Wood	13÷17	1,34	0,037	2	10	0,041	0,048	0,25	0,30	0,029
19	Knauf Therm Panel Light	13÷15	1,34	0,037	2	10	0,041	0,048	0,24	0,29	0,029
20	Knauf Therm Roof	16,5÷ 22	1,34	0,035	2	10	0,038	0,046	0,28	0,34	0,023
21	Knauf Therm Roof NL	15÷ 16,5	1,34	0,036	2	10	0,040	0,047	0,26	0,31	0,023
22	Knauf Therm Floor	21÷25	1,34	0,032	2	10	0,037	0,043	0,30	0,36	0,021
23	Knauf Therm 35	19÷25	1,34	0,036	2	10	0,040	0,047	0,30	0,36	0,022
24	Knauf Therm 25 Panel	13÷17	1,34	0,038	2	10	0,042	0,049	0,26	0,31	0,033
25	Knauf Therm 25 ГОСТ	15÷17	1,34	0,036	2	10	0,040	0,047	0,26	0,31	0,023
SPU Oy (Финляндия, ТУ 5768-001-87385371-2011)											
26	Плиты из пенополиуре- тана SPU INSULATION без покрытия	32÷42	1,4	0,021	2	3	0,022	0,022	0,30	0,30	0,02
27	Плиты из пенополиуре- тана SPU INSULATION с покрытием	32÷48	1,4	0,022	2	3	0,023	0,023	0,32	0,32	паро- непроница- ем

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Б	Минераловатные, стекловолоконистые										
ЗАО «ПАРОК»											
28	ROS 30	105	0,84	0,036	1	2	0,039	0,041	0,51	0,54	0,30
29	ROS 30 g	105	0,84	0,036	1	2	0,039	0,041	0,51	0,54	0,30
30	ROS 40	110	0,84	0,037	1	2	0,040	0,042	0,53	0,56	0,45
31	ROS 40g	110	0,84	0,037	1	2	0,040	0,042	0,53	0,56	0,45
32	ROS 60	150	0,84	0,038	1	2	0,041	0,043	0,63	0,66	0,42
33	ROB 60	170	0,84	0,038	1	2	0,041	0,043	0,67	0,70	0,42
34	ROB 80	215	0,84	0,038	1	2	0,042	0,044	0,76	0,80	0,21
35	ROB 80t	215	0,84	0,038	1	2	0,042	0,044	0,73	0,74	0,21
36	FAL-1	75	0,84	0,040	1	2	0,043	0,046	0,46	0,48	0,59
37	FAS-1	80	0,84	0,035	1	2	0,038	0,040	0,44	0,46	0,30
38	FAS-3	105	0,84	0,037	1	2	0,040	0,042	0,52	0,55	0,49
39	FAS-4	130	0,84	0,038	1	2	0,039	0,041	0,57	0,60	0,44
40	FAB-3	165	0,84	0,037	1	2	0,041	0,043	0,66	0,69	0,30
41	Extra	30	0,84	0,036	1	2	0,040	0,042	0,28	0,29	0,56
42	WAS 50	45	0,84	0,034	1	2	0,038	0,040	0,33	0,35	0,30
43	WAS 35	70	0,84	0,033	1	2	0,037	0,040	0,41	0,43	0,50
44	WAS 25t	90	0,84	0,033	1	2	0,037	0,040	0,46	0,49	0,42
45	GRS 20	100	0,84	0,035	1	2	0,039	0,041	0,50	0,53	0,48
46	SSB-1	120	0,84	0,035	1	2	0,039	0,041	0,55	0,58	0,30
ООО «Завод ТЕХНО» (ТУ 5762-043-17925162-2006)											
47	РОКЛАЙТ	30	0,84	0,042	2	5	0,046	0,050	0,31	0,34	0,3
48	ТехноЛайт Экстра	30÷38	0,84	0,039	2	5	0,046	0,050	0,33	0,36	0,3
49	ТехноЛайт Оптима	34÷42	0,84	0,038	2	5	0,046	0,049	0,34	0,38	0,3
50	ТехноБлок Стандарт	40÷50	0,84	0,036	2	5	0,043	0,046	0,36	0,40	0,3
51	ТехноВент Стандарт	72÷88	0,84	0,036	2	5	0,043	0,046	0,48	0,53	0,3
52	ТехноВент Оптима	81÷99	0,84	0,037	2	5	0,044	0,047	0,52	0,57	0,3

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
53	ТехноВент Проф	90÷110	0,84	0,036	2	5	0,044	0,047	0,54	0,60	0,3
54	ТехноВент Двух- слойная	52÷62	0,84	0,037	2	5	0,043	0,047	0,41	0,45	0,3
55	ТехноФас	131÷ 159	0,84	0,038	2	5	0,042	0,045	0,63	0,69	0,3
56	ТехноФас Двухслойная	108÷ 131	0,84	0,038	2	5	0,044	0,047	0,60	0,66	0,3
57	ТехноРуф Н 30	100÷ 120	0,84	0,038	2	5	0,041	0,043	0,55	0,60	0,3
58	ТехноРуф Н 35	109÷ 131	0,84	0,038	2	5	0,041	0,044	0,58	0,64	0,3
59	ТехноРуф 45	126÷ 154	0,84	0,038	2	5	0,043	0,046	0,64	0,70	0,3
60	ТехноРуф В 60	165÷ 195	0,84	0,039	2	5	0,043	0,046	0,72	0,80	0,3
ОАО «УРСА Чудово» и ООО «УРСА Серпухов» (ТУ 5763-001-71451657-2004)											
61	URSA Glasswool Пере- городка	15,5÷ 18	0,84	0,036	2	5	0,041	0,043	0,22	0,24	0,60
62	URSA Glasswool Скат- ная крыша	15÷17	0,84	0,035	2	5	0,041	0,043	0,21	0,23	0,60
63	URSA Glasswool Фасад	30÷32	0,84	0,032	2	5	0,38	0,041	0,28	0,31	0,48
64	Маты марки М11	11	0,84	0,036	2	5	0,042	0,044	0,18	0,19	0,64
65	Маты марки М15	15	0,84	0,035	2	5	0,041	0,043	0,20	0,22	0,61
66	Маты марки М20	20	0,84	0,034	2	5	0,039	0,042	0,23	0,25	0,56
67	Маты марки М25	25	0,84	0,032	2	5	0,037	0,039	0,25	0,27	0,51
68	Плита марки П15	15	0,84	0,037	2	5	0,043	0,044	0,21	0,23	0,62
69	Плита марки П20	20	0,84	0,033	2	5	0,038	0,041	0,23	0,25	0,61
70	Плита марки П30	30	0,84	0,032	2	5	0,038	0,041	0,28	0,31	0,59
71	Плита марки П30С	30	0,84	0,032	2	5	0,038	0,041	0,28	0,31	0,52
72	Плита марки П30СЧ	30	0,84	0,032	2	5	0,038	0,041	0,28	0,31	0,50
73	Плита марки П35	35	0,84	0,031	2	5	0,038	0,041	0,30	0,33	0,58
74	Плита марки П45	45	0,84	0,030	2	5	0,036	0,039	0,33	0,37	0,55
75	Плита марки П60	60	0,84	0,030	2	5	0,037	0,042	0,39	0,44	0,52
76	Плита марки П75	75	0,84	0,030	2	5	0,037	0,043	0,43	0,50	0,49

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ООО «УРСА Серпухов» (ТУ 5763-007-56864652-2009)											
77	Плита «PureOne» 34PN	18÷22	0,84	0,034	2	5	0,039	0,041	0,23	0,25	-
78	Маты «PureOne» 37RN	13÷18	0,84	0,037	2	5	0,041	0,043	0,21	0,23	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ООО «Роквул-Север» и ЗАО «Минеральная вата» (ТУ 5762-001-4575203-05, 5762-003-4575203-99, 5762-004-4575203-99, 5762-005-4575203-99, 5762-009-4575203-00, 5762-011-4575203-02, 5762-013-4575203-03, 5762-014-4575203-05, 5762-015-4575203-05, 5762-016-4575203-05, 5762-017-4575203-05, 5762-020-4575203-05)											
79	Плита Фасад Баттс	145 (±10%)	0,84	0,037	1	2	0,041	0,042	0,62	0,64	0,3
80	Плита Фасад Баттс Д	105÷ 125	0,84	0,036	1	2	0,040	0,042	0,54	0,57	0,3
81	Плита Фасад Ламелла	90 (±10%)	0,84	0,038	1	2	0,042	0,044	0,49	0,52	0,3
82	Плита Пластер Баттс	90 (±10%)	0,84	0,035	1	2	0,039	0,041	0,48	0,50	0,3
83	Плита Венти Баттс	90 (±10%)	0,84	0,035	1	2	0,039	0,041	0,48	0,50	0,3
84	Плита Венти Баттс Д	52÷62	0,84	0,035	1	2	0,039	0,041	0,38	0,40	0,3
85	Плита Бетон Элемент Баттс	90 (±10%)	0,84	0,035	1	2	0,039	0,041	0,48	0,50	0,3
86	Плита Лайт Баттс	37 (±10%)	0,84	0,036	1	2	0,040	0,042	0,31	0,32	0,3
87	Плита Кавити Баттс	45 (±10%)	0,84	0,035	1	2	0,039	0,041	0,34	0,35	0,3
88	Плита Акустик Баттс	45 (±10%)	0,84	0,035	1	2	0,039	0,041	0,34	0,35	0,3
89	Плита Руф Баттс	160 (±10%)	0,84	0,038	1	2	0,042	0,043	0,66	0,68	0,3
90	Плита Руф Баттс С	135 (±10%)	0,84	0,037	1	2	0,041	0,043	0,60	0,63	0,3
91	Плита Руф Баттс В	190 (±10%)	0,84	0,039	1	2	0,043	0,045	0,73	0,76	0,3
92	Плита Руф Баттс Н	115 (±10%)	0,84	0,037	1	2	0,041	0,042	0,55	0,57	0,3
93	Плита Руф Баттс Н Комби	100 (±10%)	0,84	0,036	1	2	0,040	0,042	0,51	0,53	0,3
94	Плита Руф Баттс Экстра	143÷ 154	0,84	0,037	1	2	0,040	0,042	0,62	0,65	0,3
95	Плита Руф Баттс Оптима	123÷ 136	0,84	0,036	1	2	0,040	0,042	0,58	0,61	0,3

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
96	Плита Флор Баттс	125 ($\pm 10\%$)	0,84	0,036	1	2	0,040	0,042	0,57	0,60	0,3
97	Плита Флор Баттс И	150 ($\pm 10\%$)	0,84	0,037	1	2	0,041	0,043	0,63	0,66	0,3
98	Плита Тех Баттс-50	40 ($\pm 10\%$)	0,84	0,034	1	2	0,039	0,041	0,32	0,33	0,3
99	Плита Тех Баттс-75	60 ($\pm 10\%$)	0,84	0,033	1	2	0,039	0,041	0,39	0,41	0,3
100	Плита Тех Баттс-100	90 ($\pm 10\%$)	0,84	0,033	1	2	0,039	0,041	0,48	0,50	0,3
101	Плита Тех Баттс-125	110 ($\pm 10\%$)	0,84	0,034	1	2	0,040	0,042	0,53	0,56	0,3
102	Плита Тех Баттс-150	140 ($\pm 10\%$)	0,84	0,035	1	2	0,040	0,042	0,60	0,63	0,3
103	Плита ФТ Барьер	110 ($\pm 10\%$)	0,84	0,036	1	2	0,040	0,042	0,53	0,56	0,3
ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус» (ТУ 5763-005-56846022-2009)											
104	Плита ВентФасад-Оптим	27÷35	0,84	0,032	2	5	0,036	0,037	0,27	0,30	0,55
105	Плита ВентФасад-Оптим/Ч	27÷35	0,84	0,032	2	5	0,036	0,037	0,27	0,30	0,55
106	Мат Каркас- М40	12 ($\pm 15\%$)	0,84	0,040	2	5	0,044	0,046	0,19	0,21	0,63
107	Мат Каркас-М40-АЛ	12 ($\pm 15\%$)	0,84	0,040	2	5	0,044	0,046	0,19	0,21	-
108	Мат Каркас-М37	15 ($\pm 10\%$)	0,84	0,037	2	5	0,041	0,043	0,20	0,22	0,90
109	Плита Каркас-П37	15 ($\pm 10\%$)	0,84	0,037	2	5	0,041	0,043	0,20	0,22	0,92
110	Мат Каркас-М34	19 ($\pm 10\%$)	0,84	0,034	2	5	0,038	0,040	0,22	0,24	0,98
111	Плита Каркас-П34	19 ($\pm 10\%$)	0,84	0,034	2	5	0,038	0,040	0,22	0,24	0,88
112	Плита Каркас-П32	27÷35	0,84	0,032	2	5	0,035	0,037	0,27	0,30	0,51
113	Плита ОЛ-П	70÷86	0,84	0,037	2	5	0,044	0,047	0,48	0,52	0,35
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
114	Плита ОЛ-Пе	50÷70	0,84	0,037	2	5	0,042	0,046	0,41	0,46	0,35
115	Плита ОЛ-Пе	65÷90	0,84	0,037	2	5	0,042	0,046	0,47	0,52	0,35
116	Плита Скатная- Кровля	15 ($\pm 10\%$)	0,84	0,037	2	5	0,041	0,043	0,20	0,22	0,92
117	Плита ЗвукоЗащита	14 ($\pm 10\%$)	0,84	0,038	2	5	0,042	0,044	0,20	0,22	0,90

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
118	Плита Штукатурный-Фасад	70÷90	0,84	0,038	2	5	0,041	0,043	0,47	0,51	0,4
Saint-Gobain Racennustuotteet Oy (Финляндия)											
119	Плита OL-TOP	95÷118	0,84	0,037	2	5	0,042	0,045	0,55	0,61	0,5
120	Плита OL-K при толщине 20 мм	130 (±10%)	0,84	0,034	2	5	0,038	0,042	0,58	0,65	-
121	Плита OL-K при толщине 30; 35 мм	130 (±10%)	0,84	0,035	2	5	0,039	0,043	0,58	0,65	-
122	Плита OL-P	65÷90	0,84	0,037	2	5	0,043	0,046	0,47	0,52	-
123	Плита OL-Рс	55÷60	0,84	0,037	2	5	0,043	0,046	0,41	0,45	-
В	Пеностекло, газостекло										
124	Пеностекло или газостекло	400	0,84	0,11	1	2	0,12	0,14	1,76	1,94	0,02
125	То же	300	0,84	0,09	1	2	0,11	0,12	1,46	1,56	0,02
126	-//-	200	0,84	0,07	1	2	0,08	0,09	1,01	1,1	0,03
Г	Плиты из природных органических и неорганических материалов										
127	Плиты древесноволокнистые и древесно-стружечные (ГОСТ 4598, ГОСТ 8904, ГОСТ 10632)	1000	2,3	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
128	То же	800	2,3	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
129	Плиты древесноволокнистые и древесно-стружечные (ГОСТ 4598, ГОСТ 8904, ГОСТ 10632)	600	2,3	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
130	То же	400	2,3	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
131	-//-	200	2,3	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
132	Плиты фибролитовые и арболит (ГОСТ 19222) на портландцементе	500	2,3	0,095	10	15	0,15	0,19	3,86	4,50	0,11
133	То же	450	2,3	0,09	10	15	0,135	0,17	3,47	4,04	0,11
134	То же	400	2,3	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
135	Пакля	150	2,3	0,050	7	12	0,06	0,07	1,3	1,47	0,49
136	Плиты из гипса (ГОСТ 6428)	1350	0,84	0,35	4	6	0,50	0,56	7,04	7,76	0,098
137	То же	1100	0,84	0,23	4	6	0,35	0,41	5,32	5,99	0,11
138	Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка) (ГОСТ 6266)	1050	0,84	0,15	4	6	0,34	0,36	5,12	5,48	0,075
139	То же	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
140	Изделия из вспученного перлита на битумном связующем (ГОСТ 16136)	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
141	То же	250	1,68	0,082	1	2	0,085	0,099	1,53	1,64	0,04
142	-//-	225	1,68	0,079	1	2	0,082	0,094	1,39	1,47	0,04
143	-//-	200	1,68	0,076	1	2	0,078	0,09	1,23	1,32	0,04
Д	<i>Засыпки</i>										
144	Гравий керамзитовый (ГОСТ 9757)	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
145	То же	500	0,84	0,14	2	3	0,15	0,165	2,25	2,41	0,23
146	-//-	450	0,84	0,13	2	3	0,14	0,155	2,06	2,22	0,235
147	-//-	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,145	1,87	2,02	0,24

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
148	-//-	350	0,84	0,115	2	3	0,125	0,14	1,72	1,86	0,245
149	-//-	300	0,84	0,108	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
150	-//-	250	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,26
151	Гравий шунгизитовый (ГОСТ 9757)	700	0,84	0,16	2	4	0,18	0,21	2,91	3,29	0,21
152	То же	600	0,84	0,13	2	4	0,16	0,19	2,54	2,89	0,22
153	-//-	500	0,84	0,12	2	4	0,15	0,175	2,25	2,54	0,22
154	-//-	450	0,84	0,11	2	4	0,14	0,16	2,06	2,30	0,22
155	-//-	400	0,84	0,11	2	4	0,13	0,15	1,87	2,10	0,23
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
156	Щебень шлакопем- зовый и аглопоритовый (ГОСТ 9757)	900	0,84	0,19	2	3	0,23	0,3	3,73	4,36	0,21
157	То же	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,21
158	-//-	700	0,84	0,16	2	3	0,19	0,23	2,99	3,37	0,22
159	-//-	600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,7	2,98	0,23
160	-//-	500	0,84	0,14	2	3	0,16	0,19	2,32	2,59	0,23
161	-//-	450	0,84	0,13	2	3	0,15	0,17	2,13	2,32	0,24
162	-//-	400	0,84	0,122	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,24
163	Щебень и песок из пер- лита вспученного (ГОСТ 10832)	500	0,84	0,09	1	2	0,1	0,11	1,79	1,92	0,26
164	То же	400	0,84	0,076	1	2	0,087	0,095	1,5	1,6	0,3
165	-//-	350	0,84	0,07	1	2	0,081	0,085	1,35	1,42	0,3
166	-//-	300	0,84	0,064	1	2	0,076	0,08	0,99	1,04	0,34
167	Вермикулит вспучен- ный (ГОСТ 12865)	200	0,84	0,065	1	3	0,08	0,095	1,01	1,16	0,23
168	То же	150	0,84	0,060	1	3	0,074	0,098	0,84	1,02	0,26

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
169	-//-	100	0,84	0,055	1	3	0,067	0,08	0,66	0,75	0,3
170	Песок для строительных работ (ГОСТ 8736)	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
Е	<i>Строительные растворы (ГОСТ 28013)</i>										
171	Цементно-шлаковый	1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11
172	То же	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
173	Цементно-перлитовый	1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,3	4,64	5,42	0,15
174	То же	800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
175	Гипсоперлитовый	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
176	Поризованный гипсо-перлитовый	500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
177	То же	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
II	Конструкционно-теплоизоляционные материалы										
A	<i>Бетоны на искусственных пористых заполнителях (ГОСТ 25820, ГОСТ 9757, ГОСТ Р 51263)</i>										
178	Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопено-бетон	1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
179	То же	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
180	-//-	1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
181	-//-	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
182	-//-	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
183	-//-	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
184	То же	600	0,84	0,16	5	10	0,20	0,26	3,03	3,78	0,26
185	-//-	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,30
186	Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
187	То же	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
188	-//-	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,90	0,075
189	Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	5,43	0,15
190	То же	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
191	Шунгизитобетон	1400	0,84	0,49	4	7	0,56	0,64	7,59	8,60	0,098
192	То же	1200	0,84	0,36	4	7	0,44	0,50	6,23	7,04	0,11
293	-//-	1000	0,84	0,27	4	7	0,33	0,38	4,92	5,60	0,14
194	Перлитобетон	1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,50	6,96	8,01	0,15
195	То же	1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,50	6,38	0,19
196	-//-	800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
197	-//-	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,30
198	Бетон на доменных гранулированных шлаках	1800	0,84	0,58	5	8	0,70	0,81	9,82	11,18	0,083
199	То же	1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
200	-//-	1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
201	-//-	1200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
202	Аглопоритобетон и бетоны на топливных (котельных) шлаках	1800	0,84	0,70	5	8	0,85	0,93	10,82	11,98	0,075
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
203	Аглопоритобетон и бетоны на топливных (котельных) шлаках	1600	0,84	0,58	5	8	0,72	0,78	9,39	10,34	0,083
204	То же	1400	0,84	0,47	5	8	0,59	0,65	7,92	8,83	0,09
205	-//-	1200	0,84	0,35	5	8	0,48	0,54	6,64	7,45	0,11
206	-//-	1000	0,84	0,29	5	8	0,38	0,44	5,39	6,14	0,14
207	Бетон на зольном гравии	1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
208	То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
209	-//-	1000	0,84	0,24	5	8	0,30	0,35	4,79	5,48	0,12
210	Вермикулитобетон	800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	-
211	То же	600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
212	-//-	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
213	-//-	300	0,84	0,08	8	13	0,09	0,11	1,52	1,83	0,23
214	Полистиролбетон (ГОСТ Р 51263)	600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,20	3,07	3,49	0,068
215	То же	500	1,06	0,125	4	8	0,14	0,16	2,50	2,85	0,075
216	-//-	400	1,06	0,105	4	8	0,12	0,135	2,07	2,34	0,085
217	-//-	300	1,06	0,085	4	8	0,09	0,11	1,55	1,83	0,10
218	-//-	200	1,06	0,065	4	8	0,07	0,08	1,12	1,28	0,12
219	-//-	150	1,06	0,055	4	8	0,057	0,06	0,87	0,96	0,135
Б	<i>Бетоны ячеистые:газобетон, газозолобетон, пенобетон (ГОСТ 25485, ГОСТ 5742, ГОСТ 31359)</i>										
220	Ячеистые бетоны неав- токлавного твердения (ГОСТ 25485)	1000	0,84	0,29	10	15	0,41	0,47	6,13	7,09	0,11
221	То же	800	0,84	0,21	10	15	0,33	0,37	4,92	5,63	0,14
222	-//-	600	0,84	0,14	8	12	0,22	0,26	3,36	3,91	0,17
223	-//-	400	0,84	0,11	8	12	0,14	0,15	2,19	2,42	0,23
224	-//-	300	0,84	0,08	8	12	0,11	0,13	1,68	1,95	0,26
225	Ячеистые бетоны авто- клавного твердения (ГОСТ 31359)	1200	0,84	0,28	4	5	0,329	0,342	5,39	5,60	0,09
226	То же	1100	0,84	0,26	4	5	0,305	0,318	4,96	5,17	0,10
227	-//-	1000	0,84	0,24	4	5	0,282	0,293	4,55	4,73	0,11
228	-//-	900	0,84	0,22	4	5	0,258	0,269	4,13	4,30	0,12
229	-//-	800	0,84	0,19	4	5	0,223	0,232	3,62	3,77	0,14

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
230	-//-	700	0,84	0,17	4	5	0,199	0,208	3,20	3,34	0,15
231	-//-	600	0,84	0,14	4	5	0,160	0,183	2,66	2,90	0,16
232	-//-	500	0,84	0,12	4	5	0,141	0,147	2,28	2,37	0,20
233	-//-	450	0,84	0,108	4	5	0,127	0,132	2,05	2,13	0,21
234	-//-	400	0,84	0,096	4	5	0,113	0,117	1,82	1,89	0,23
235	//	350	0,84	0,084	4	5	0,099	0,103	1,63	1,66	0,25
236	//	300	0,84	0,072	4	5	0,084	0,088	1,39	1,42	0,26
237	-//-	250	0,84	0,06	4	5	0,070	0,073	1,16	1,18	0,28
238	-//-	200	0,84	0,048	4	5	0,056	0,059	0,91	0,95	0,30
В	<i>Кирпичная кладка из сплошного кирпича (ГОСТ 530, ГОСТ 379)</i>										
239	Керамического полного одинарного (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе плотностью 1800 кг/м ³	2000	0,88	0,66	1	2	0,80	0,90	10,37	11,25	0,09
240	То же	1800	0,88	0,56	1	2	0,70	0,81	9,20	10,12	0,10
241	-//-	1600	0,88	0,44	1	2	0,61	0,70	8,10	8,87	0,11
242	Керамического полного одинарного (ГОСТ 530) на цементном растворе с пористыми наполнителями плотностью 1200 кг/м ³	2000	0,88	0,6	1,5	3	0,74	0,86	10,09	11,23	0,12
243	То же	1800	0,88	0,5	1,5	3	0,70	0,82	9,31	10,40	0,11
244	-//-	1600	0,88	0,42	1,5	3	0,56	0,66	7,85	8,80	0,10
245	Керамического полного одинарного (ГОСТ 530) на цементно-перлитовом растворе плотностью 800 кг/м ³	2000	0,88	0,53	2	4	0,65	0,77	9,56	10,85	0,12

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
246	Керамического полного одинарного (ГОСТ 530) на цементно-перлитовом растворе плотностью 800 кг/м ³	1800	0,88	0,45	2	4	0,58	0,70	8,57	9,81	0,12
247	То же	1600	0,88	0,39	2	4	0,50	0,60	7,50	8,56	0,13
248	Трепельного полного одинарного (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе плотностью 1800 кг/м ³	1000	0,88	0,34	2	4	0,45	0,50	5,62	6,18	0,19
249	То же	900	0,88	0,30	2	4	0,40	0,47	5,03	5,68	0,23
250	Трепельного полного одинарного (ГОСТ 530) на цементном растворе с пористыми наполнителями плотностью 1200 кг/м ³	1000	0,88	0,31	2	4	0,39	0,45	5,24	5,86	0,20
252	То же	900	0,88	0,26	2	4	0,31	0,37	4,43	5,04	0,24
253	Силикатного полного (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,7	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
Г	<i>Кирпичная кладка из пустотелого кирпича и камня (ГОСТ 530, ГОСТ 379)</i>										
254	Керамического крупноформатного камня из пористой керамики на цементно-песчаном растворе плотностью 1800 кг/м ³	800	0,88	0,18	1	1,5	0,21	0,23	3,36	3,56	0,12

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
255	То же	600	0,88	0,13	1	1,5	0,15	0,16	2,46	2,57	0,12
256	Керамического крупно-форматного камня из пористой керамики на цементном растворе с пористыми наполнителями плотностью 1200 кг/м ³	800	0,88	0,18	1	1,5	0,21	0,23	3,36	3,56	0,13
257	Керамического крупно-форматного камня из пористой керамики на цементном растворе с пористыми наполнителями плотностью 1200 кг/м ³	600	0,88	0,13	1	1,5	0,15	0,16	2,46	2,57	0,13
258	Керамического крупно-форматного камня из пористой керамики на цементно-перлитовом растворе плотностью 800 кг/м ³	800	0,88	0,17	1	1,5	0,20	0,22	3,28	3,48	0,14
259	То же	600	0,88	0,12	1	1,5	0,14	0,15	2,38	2,49	0,14
260	Керамического камня пустотелого на цементно-песчаном растворе плотностью 1800 кг/м ³	1400	0,88	0,42	1	2	0,47	0,54	6,65	7,29	0,13
261	То же	1300	0,88	0,38	1	2	0,44	0,51	6,20	6,83	0,14
262	-//-	1200	0,88	0,33	1	2	0,40	0,48	5,68	6,36	0,14
263	-//-	1100	0,88	0,28	1	2	0,36	0,45	5,16	5,90	0,14

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
264	-//-	1000	0,88	0,24	1	2	0,32	0,41	4,64	5,37	0,14
265	-//-	800	0,88	0,20	1	1,5	0,27	0,35	3,81	4,39	0,14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
266	Керамического камня пустотелого на цементном растворе с пористыми наполнителями плотностью 1200 кг/м ³	1400	0,88	0,32	1,5	3	0,42	0,52	6,36	7,31	0,14
267	То же	1300	0,88	0,30	1,5	3	0,37	0,47	5,75	6,69	0,14
268	-//-	1200	0,88	0,27	1,5	3	0,32	0,41	5,14	6,01	0,15
269	-//-	1100	0,88	0,26	1,5	3	0,32	0,39	4,92	5,61	0,16
270	-//-	1000	0,88	0,24	1,5	3	0,31	0,37	4,62	5,21	0,15
271	-//-	800	0,88	0,20	1,5	3	0,26	0,32	3,78	4,33	0,15
272	Керамического камня пустотелого на цементно-перлитовом растворе плотностью 800 кг/м ³	1400	0,88	0,28	2	3	0,40	0,47	6,27	6,95	0,16
273	То же	1300	0,88	0,27	2	3	0,38	0,45	5,89	6,55	0,15
274	-//-	1200	0,88	0,25	2	3	0,35	0,42	5,43	6,08	0,15
275	-//-	1100	0,88	0,24	2	3	0,33	0,39	5,05	5,61	0,16
276	-//-	1000	0,88	0,23	2	3	0,30	0,36	4,59	5,14	0,16
277	-//-	800	0,88	0,19	2	3	0,24	0,30	3,67	4,20	0,16
278	Керамического кирпича пустотелого одинарного и утолщенного на цементно-песчаном растворе плотностью 1800 кг/м ³	1400	0,88	0,41	1	2	0,49	0,55	6,79	7,36	0,13

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
279	То же	1300	0,88	0,39	1	2	0,46	0,53	6,34	6,96	0,13
280	-//-	1200	0,88	0,30	1	2	0,42	0,50	5,82	6,49	0,14
281	-//-	1100	0,88	0,28	1	2	0,39	0,47	5,37	6,03	0,14
282	-//-	1000	0,88	0,26	1	2	0,35	0,44	4,85	5,56	0,14
283	Керамического кирпича пустотелого одинарного и утолщенного на цементном растворе с пористыми наполнителями плотностью 1200 кг/м ³	1400	0,88	0,33	1,5	3	0,37	0,46	5,97	6,87	0,14
284	То же	1300	0,88	0,31	1,5	3	0,36	0,45	5,67	6,55	0,14
285	-//-	1200	0,88	0,29	1,5	3	0,33	0,42	5,22	6,08	0,15
286	-//-	1100	0,88	0,27	1,5	3	0,31	0,39	4,84	5,61	0,15
287	-//-	1000	0,88	0,24	1,5	3	0,29	0,36	4,47	5,14	0,15
288	Керамического кирпича пустотелого одинарного и утолщенного на цементно-перлитовом растворе плотностью 800 кг/м ³	1400	0,88	0,30	2	4	0,41	0,49	6,35	7,24	0,15
289	Керамического кирпича пустотелого одинарного и утолщенного на цементно-перлитовом растворе плотностью 800 кг/м ³	1300	0,88	0,29	2	4	0,39	0,46	5,97	6,76	0,15
290	То же	1200	0,88	0,27	2	4	0,36	0,43	5,51	6,28	0,16
291	-//-	1100	0,88	0,25	2	4	0,34	0,40	5,13	5,80	0,16

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
292	-//-	1000	0,88	0,23	2	4	0,31	0,37	4,67	5,32	0,16
293	Силикатного один- надцатипустотного (ГОСТ 379) на цемент- но-песчаном растворе	1500	0,88	0,64	2	4	0,7	0,81	8,59	9,63	0,13
294	Силикатного четыр- надцатипустотного (ГОСТ 379) на цемент- но-песчаном растворе	1400	0,88	0,52	2	4	0,64	0,76	7,93	9,01	0,14
Д	<i>Дерево и изделия из него</i> (ГОСТ 8486, ГОСТ 9463, ГОСТ 9462, ГОСТ 2695, ГОСТ 8673, ГОСТ 8740)										
295	Сосна и ель поперек во- локон (ГОСТ 8486, ГОСТ 9463)	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
296	Сосна и ель вдоль воло- кон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
297	Дуб поперек волокон (ГОСТ 9462, ГОСТ 2695)	700	2,3	0,1	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
298	Дуб вдоль волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,90	7,83	0,3
299	Фанера клееная (ГОСТ 8673)	600	2,3	0,12	10	15	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
300	Картон облицовочный (ГОСТ 8740)	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,20	6,75	0,06
301	Картон строительный многослойный	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
III	Конструкционные материалы										
A	Бетоны (ГОСТ 7473, ГОСТ 25192) и растворы (ГОСТ 28013)										
302	Железобетон (ГОСТ 26633)	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
303	Бетон на гравии или щебне из природного камня (ГОСТ 26633)	2400	0,84	1,51	2	3	1,47	1,86	16,77	17,88	0,03
304	Раствор цементно-песчаный	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,60	11,09	0,09
305	Раствор сложный (песок, известь, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,7	0,87	8,95	10,42	0,098
306	Раствор известково-песчаный	1600	0,84	0,47	2	4	0,7	0,81	8,69	9,76	0,12
Б	<i>Облицовка природным камнем (ГОСТ 9480)</i>										
307	Гранит, гнейс и базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
308	Мрамор	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
309	Известняк	2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,70	0,06
310	То же	1800	0,88	0,70	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
311	-//-	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
312	-//-	1400	0,88	0,49	2	3	0,56	0,58	7,42	7,72	0,11
313	Туф	2000	0,88	0,76	2	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
314	То же	1800	0,88	0,56	3	5	0,70	0,81	9,61	10,76	0,083
315	-//-	1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
316	-//-	1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,60	0,098
317	-//-	1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
318	-//-	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,20	4,80	0,11
В	<i>Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и рулонные покрытия для полов (ГОСТ 30547)</i>										
319	Листы асбесто-цементные плоские (ГОСТ 18124)	1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
320	То же	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,80	0,03

Продолжение табл. П.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Битумы нефтяные строительные и кро- вельные (ГОСТ 6617, ГОСТ 9548)	1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,80	6,80	0,008
321	То же	1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
322	-//-	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
323	Асфальтобетон (ГОСТ 9128)	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
324	Рубероид (ГОСТ 10923), перга- мин (ГОСТ 2697), толь	600	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	-
325	Линолеум ПВХ на теп- лоизолирующей подос- нове (ГОСТ 18108)	1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
326	Линолеум ПВХ на теп- лоизолирующей подос- нове (ГОСТ 18108)	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
333	Линолеум ПВХ на тка- невой основе (ГОСТ 7251)	1800	1,47	0,35	0	0	0,35	0,35	8,22	8,22	0,002
327	То же	1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
328	-//-	1400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002
Г	<i>Металлы и стекло</i>										
329	Сталь стержневая арма- турная (ГОСТ 10884, ГОСТ 5781)	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
330	Чугун (ГОСТ 9583)	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
331	Алюминий (ГОСТ 22233, ГОСТ 24767)	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
332	Медь (ГОСТ 931, ГОСТ 15527)	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
333	Стекло оконное (ГОСТ 111)	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0

Примечания:

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

$$s = 0,27 \cdot \sqrt{\lambda \cdot \rho_o \cdot c_o + 0,0419 \cdot w}$$

где λ , ρ_o , c_o , w – принимают по соответствующим графам настоящей таблицы.

В случае, если в графе плотности ρ_o указан диапазон значений, то расчетный коэффициент теплоусвоения s рассчитан по среднему из указанного диапазона численному значению плотности ρ_o .

2. Характеристики материалов в сухом состоянии приведены при массовом отношении влаги в материале w [%], равном нулю.

3. Значения коэффициентов теплопроводности материалов приняты по действующим нормативным документам либо получены на основании протоколов испытаний, представленных производителями.

4. При отсутствии каких-либо данных (расчетных коэффициентов) для строительных материалов и изделий, указанных в таблице Г.1, в соответствующих графах стоит прочерк.

**ЗНАЧЕНИЯ ТОЧКИ РОСЫ t_d , °С, ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУР t_{int} , °С, И
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ϕ_{int} , %, ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ**

Таблица П.5

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

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

**ЗНАЧЕНИЯ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННОГО
ВОДЯНОГО ПАРА Е, Па, ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ
ТЕМПЕРАТУР ПРИ В = 100,7 кПа**

Таблица П.6.1

**Значения парциального давления насыщенного водяного пара Е, Па,
для температуры t от 0 до минус 41 °С (над льдом)**

t, °С	Е, Па	t, °С	Е, Па	t, °С	Е, Па	t, °С	Е, Па	t, °С	Е, Па
0	611	-5,4	388	-10,8	241	-16,2	148	-24	69
-0,2	601	-5,6	381	-11	237	-16,4	145	-24,5	65
-0,4	592	-5,8	375	-11,2	233	-16,6	143	-25	63
-0,6	581	-6	369	-11,4	229	-16,8	140	-25,5	60
-0,8	573	-6,2	363	-11,6	225	-17	137	-26	57
-1	563	-6,4	356	-11,8	221	-17,2	135	-26,5	53
-1,2	553	-6,6	351	-12	217	-17,4	132	-27	51
-1,4	544	-6,8	344	-12,2	213	-17,6	129	-27,5	48
-1,6	535	-7	338	-12,4	209	-17,8	128	-28	47
-1,8	527	-7,2	332	-12,6	207	-18	125	-28,5	44
-2	517	-7,4	327	-12,8	203	-18,2	123	-29	42
-2,2	509	-7,6	321	-13	199	-18,4	120	-29,5	39
-2,4	500	-7,8	315	-13,2	195	-18,6	117	-30	38
-2,6	492	-8	310	-13,4	191	-18,8	116	-31	34
-2,8	484	-8,2	304	-13,6	188	-19	113	-32	34
-3	476	-8,4	299	-13,8	184	-19,2	111	-33	27
-3,2	468	-8,6	293	-14	181	-19,4	109	-34	25
-3,4	460	-8,8	289	-14,2	179	-19,6	107	-35	22
-3,6	452	-9	284	-14,4	175	-19,8	105	-36	20
-3,8	445	-9,2	279	-14,6	172	-20	103	-37	18
-4	437	-9,4	273	-14,8	168	-20,5	99	-38	16
-4,2	429	-9,6	268	-15	165	-21	93	-39	14
-4,4	423	-9,8	264	-15,2	163	-21,5	89	-40	12
-4,6	415	-10	260	-15,4	159	-22	85	-41	11
-4,8	408	-10,2	260	-15,6	156	-22,5	81	-	-
-5	402	-10,4	251	-15,8	153	-23	77	-	-
-5,2	395	-10,6	245	-16	151	-23,5	73	-	-

Таблица П.6.2

**Значения парциального давления насыщенного водяного пара
Е, Па, для температуры t от 0 до плюс 30 °С (над водой)**

t, °С	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	611	615	620	624	629	633	639	643	648	652
1	657	661	667	671	676	681	687	691	696	701
2	705	711	716	721	727	732	737	743	748	753
3	759	764	769	775	780	785	791	796	803	808
4	813	819	825	831	836	843	848	855	860	867
5	872	879	885	891	897	904	909	916	923	929
6	935	941	948	956	961	968	975	981	988	995
7	1001	1009	1016	1023	1029	1037	1044	1051	1059	1065
8	1072	1080	1088	1095	1103	1109	1117	1125	1132	1140
9	1148	1156	1164	1172	1180	1188	1196	1204	1212	1220
10	1228	1236	1244	1253	1261	1269	1279	1287	1295	1304
11	1312	1321	1331	1339	1348	1355	1365	1375	1384	1393
12	1403	1412	1421	1431	1440	1449	1459	1468	1479	1488
13	1497	1508	1517	1527	1537	1547	1557	1568	1577	1588
14	1599	1609	1619	1629	1640	1651	1661	1672	1683	1695
15	1705	1716	1727	1739	1749	1761	1772	1784	1795	1807
16	1817	1829	1841	1853	1865	1877	1889	1901	1913	1925
17	1937	1949	1962	1974	1986	2000	2012	2025	2037	2050
18	2064	2077	2089	2102	2115	2129	2142	2156	2169	2182
19	2197	2210	2225	2238	2252	2266	2281	2294	2309	2324
20	2338	2352	2366	2381	2396	2412	2426	2441	2456	2471
21	2488	2502	2517	2538	2542	2564	2580	2696	2612	2628
22	2644	2660	2676	2691	2709	2725	2742	2758	2776	2792
23	2809	2826	2842	2860	2877	2894	2913	2930	2948	2965
24	2984	3001	3020	3038	3056	3074	3093	3112	3130	3149
25	3168	3186	3205	3224	3244	3262	3282	3301	3321	3341
26	3363	3381	3401	3421	3441	3461	3481	3502	3523	3544
27	3567	3586	3608	3628	3649	3672	3692	3714	3736	3758
28	3782	3801	3824	3846	3869	3890	3913	3937	3960	3982
29	4005	4029	4052	4076	4100	4122	4146	4170	4194	4218
30	4246	4268	4292	4317	4341	4366	4390	4416	4441	4466

ЗНАЧЕНИЯ ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОКОННЫХ БЛОКОВ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Таблица П.7

Тип конструкции оконных блоков	Формула светопрозрачных конструкций				
	4-16-4	4-Ar10-4- Ar10-И4	4И - Ar10- 4- Ar10-И4	4И- Ar16- 4- 12Ar-И4	И4- Ar16- 4- 12Ar-И4 с теплой рамкой
	Значения приведенного сопротивления теплопередаче оконных блоков $R_o^r, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$				
ПВХ 3-5 камер., армирование – металл, ширина коробки 58-62 мм	0,37	0,70	-	-	-
То же – армиро- вание стекло- пластик	0,40	0,73	0,81	-	-
ПВХ 3-5 камер., армирование – металл, ширина коробки 68-76 мм	0,42	0,73	0,81	0,84	0,88
То же – армиро- вание стекло- пластик	0,45	0,76	0,84	0,88	0,92
Дерево, ширина коробки 78 мм	0,39	0,73	0,81	0,84	0,88
ПВХ многока- мерный, ширина коробки более 88 мм	0,50	0,80	0,92	0,96	1,00
Дерево, ширина коробки более 86 мм термо- вставкой	0,52	0,82	0,96	1,0	1,04
Примечание: Значения приведенного сопротивления теплопередаче оконных блоков приведены по данным НИУПЦ «Межрегиональный институт окна», исходя из коэффициента эмиссии для мягкого покрытия не более 0,04, при температуре наружного воздуха минус 20 °С.					