

---

Министерство регионального развития  
Российской Федерации

---

**СВОД ПРАВИЛ**

**СП . .2011**

---

**ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ**  
Актуализированная редакция

**СНиП 23-02-2003**

**Настоящий проект не подлежит применению до его утверждения**

**Москва 2011**

## Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила разработки — постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2008 г. № 858 «О порядке разработки и утверждения сводов правил».

СП .....2011 является актуализированной редакцией СНиП 23-02-2003, утвержден приказом №.....ВЗАМЕН СНиП 23-02-2003

### Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛИ: Учреждение НИИСФ РААСН к.т.н. Н.П.Умнякова, д.т.н. В.Г.Гагарин, к.т.н. В.В.Козлов, к.т.н. О.А.Ларин и др.

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом архитектуры, строительства и градостроительной политики

4 УТВЕРЖДЕН приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 2011 г. № и введен в действие с 2011 г.

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

*Информация об изменениях к настоящему актуализированному своду правил публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте разработчика (Минрегион России) в сети Интернет*

© Минрегион России, 2011

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Минрегиона России

## Содержание

	Введение	V
1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	1
3	Термины и определения	1
4	Общие положения	1
5	Тепловая защита зданий	2
6	Теплоустойчивость ограждающих конструкций	8
7	Воздухопроницаемость ограждающих конструкций	10
8	Защита от переувлажнения ограждающих конструкций	12
9	Теплоусвоение поверхности полов	16
10	Оценка энергетической эффективности зданий	18
11	Требования к энергетическому паспорту здания	21
Приложение А (справочное)	Перечень стандартов и классификаторов, на которые имеются нормативные ссылки в тексте	23
Приложение Б (обязательное)	Термины и определения	24
Приложение В (обязательное)	Карта зон влажности	27
Приложение Г (обязательное)	Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление жилых и общественных зданий	28
Приложение Д (обязательное)	Форма для заполнения энергетического паспорта проекта здания	33
Приложение Е (обязательное)	Расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания	36
Приложение Ж (обязательное)	Расчет удельной теплозащитной характеристики здания	40
Приложение З (справочное)	Коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции	42
Приложение И (рекомендуемое)	Оптимизация оболочки здания по окупаемости энергосберегающих мероприятий	43
Приложение К (рекомендуемое)	Расчет приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций	46

Приложение Л (рекомендуемое)	Методика теплофизического расчета навесных фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой	48
Приложение М (справочное)	Сопротивления паропроницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции	53
Приложение Н (рекомендуемое)	Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче фасада жилого здания с использованием расчетов температурных полей	54
Приложение О (рекомендуемое)	Пример расчета удельной теплозащитной характеристики здания	59
Приложение П (рекомендуемое)	Процедура расчета и пример оптимизации оболочки здания по окупаемости энергосберегающих мероприятий	63
Приложение Р (рекомендуемое)	Пример составления раздела «Энергоэффективность» проекта общественного здания	69
Библиография		76

## **ВВЕДЕНИЕ**

Настоящий свод правил составлен с целью повышения уровня безопасности людей в зданиях и сооружениях и сохранности материальных ценностей в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», повышения уровня гармонизации нормативных требований с европейскими и международными нормативными документами, применения единых методов определения эксплуатационных характеристик и методов оценки.

Актуализация СНиП 23-02-2003 выполнена Учреждением научно-исследовательским институтом строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук с привлечением отдельных специалистов других организаций.

---

## ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ

### THERMAL PERFORMANCE OF THE BUILDINGS

---

Дата введения 2011- -

#### 1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящие нормы и правила распространяются на проектирование тепловой защиты строящихся или реконструируемых жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий общей площадью более 50 м<sup>2</sup> (далее — зданий), в которых необходимо поддерживать определенный температурно-влажностный режим.

Нормы не распространяются на тепловую защиту:

- культовых зданий;
- жилых и общественных зданий, отапливаемых периодически (менее 3-х дней в неделю) или сезонно (непрерывно менее трех месяцев в году);
- временных зданий, находящихся в эксплуатации не более двух отопительных сезонов;
- теплиц, парников и зданий холодильников;
- зданий, строений, сооружений, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации отнесены к объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры);
- строений и сооружений в составе инженерного обеспечения объекта - трансформаторные подстанции, котельные, КНС, ВНС, ЦТП и т.д.

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

Настоящие нормы при строительстве и реконструкции существующих зданий, имеющих архитектурно-историческое значение, применяются в каждом конкретном случае с учетом их исторической ценности на основании решений органов власти и согласования с органами государственного контроля в области охраны памятников истории и культуры.

#### 2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящих нормах и правилах использованы нормативные ссылки на стандарты и классификаторы, перечень которых приведен в приложении А.

#### 3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем документе использованы термины и определения, приведенные в приложении Б.

#### 4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**4.1** Проектирование зданий должно осуществляться с учётом требований к ограждающим конструкциям, приведённых в настоящих нормах, в целях обеспечения:

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

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

**4.2** В нормах устанавливаются требования к:

- приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций здания;
- удельной теплозащитной характеристике здания;
- ограничению минимальной температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций в холодный период года, за исключением светопрозрачных конструкций с вертикальным остеклением (с углом наклона заполнения к горизонту 45° и более);
- теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года;
- воздухопроницаемости ограждающих конструкций;
- влажностному состоянию ограждающих конструкций;
- теплоусвоению поверхности полов;
- показателю энергетической эффективности здания;
- классу зданий по энергетической эффективности;
- составу Энергетического паспорта.

**4.3** Влажностный режим помещений зданий в холодный период года в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха следует устанавливать по таблице 1.

Таблица 1 — Влажностный режим помещений зданий.

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

**4.4** Условия эксплуатации ограждающих конструкций А или Б в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства, необходимые для выбора теплотехнических показателей материалов наружных ограждений следует устанавливать по таблице 2. Зоны влажности территории России следует принимать по приложению В.

Таблица 2 — Условия эксплуатации ограждающих конструкций.

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

## 5 ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ

**5.1** Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

- а) приведенные сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должны быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);
- б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);
- в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не

ниже минимально допустимых значений (санитарно – гигиеническое требование)

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

### Поэлементные требования

**5.2** Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $R_o^{норм}$ ,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ , следует определять по формуле:

$$R_o^{норм} = R_o^{мп} \cdot m_p \quad (5.1)$$

Где  $R_o^{мп}$  - базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ , следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, ГСОП,  $^\circ C$  сут/год, региона строительства и определять по табл. 3;

$m_p$  – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства принимаемый для стен не менее  $m_p = 0,63$ , для светопрозрачных конструкций не менее  $m_p = 0,95$ , для остальных ограждающих конструкций не менее  $m_p = 0,80$ . Повышение значений коэффициента  $m_p$  для конкретного региона должно быть обосновано экономическим расчетом.

Градусо-сутки отопительного периода, ГСОП,  $^\circ C \cdot сут/год$ , определяют по формуле:

$$ГСОП = (t_g - t_{om}) \cdot z_{om} \quad (5.2)$$

где:  $t_{om}$ ,  $z_{om}$  - средняя температура наружного воздуха,  $^\circ C$ , и продолжительность, сут./год, отопительного периода, принимаемые по СНиП 23-01 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более  $10^\circ C$  – при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых, и не более  $8^\circ C$  — в остальных случаях.

$t_g$  – расчетная температура внутреннего воздуха здания,  $^\circ C$ , принимаемая для расчета ограждающих конструкций группы зданий по поз. 1 таблицы 3 по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494 (в интервале  $20—22^\circ C$ ), для группы зданий по поз. 2 таблицы 3 — согласно классификации помещений и минимальных значений оптимальной температуры по ГОСТ 30494 (в интервале  $16—21^\circ C$ ), зданий по поз. 3 таблицы 3 — по нормам проектирования соответствующих зданий.

**Таблица 3 — Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций**

Здания и помещения, коэффициенты $a$ и $b$	Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, $^\circ C \cdot сут/год$	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче $R_o^{мп}$ , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ , ограждающих конструкций				
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей
1	2	3	4	5	6	7
1 Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
$a$	—	0,00035	0,0005	0,00045	—	0,000025
$b$	—	1,4	2,2	1,9	—	0,25
2 Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания и по-	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5



помещения с влажным или мокрым режимом	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
	—	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
<i>a</i>	—	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
<i>b</i>	—	—	—	—	—	—
3 Производственные с сухим и нормальным режимами*.	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
<i>a</i>	—	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025
<i>b</i>	—	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15

#### Примечания

1. Значения  $R_o^{mp}$  для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле

$$R_o^{mp} = a \cdot \text{ГСОП} + b,$$

где ГСОП — градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год, для конкретного пункта;

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

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

3.\* Для зданий с избытками явной теплоты более 23 Вт/м<sup>3</sup>, нормируемые значения сопротивления теплопередаче, должны определяться в специальных технических условиях, для каждого конкретного здания.

В случаях, когда наружная или внутренняя температура для отдельных помещений отличается от принятых в расчете ГСОП, базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, разделяющих эти помещения, определенные по табл.3 умножаются на коэффициент  $n_t$ , который рассчитывается по формуле:

$$n_t = \frac{t_g^* - t_n^*}{t_g - t_n} \quad (5.3)$$

где  $t_g^*$ ,  $t_n^*$  - температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, °С;

$t_g$  — то же, что в формуле (5.2);

$t_n$  - расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СНиП 23-01.

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

$$R_o^{norm} = \frac{(t_g - t_n)}{\Delta t^H \cdot \alpha_g} \quad (5.4)$$

где  $\alpha_g$  - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемый по табл. 4;

$\Delta t^H$  - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха  $t_g$  и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции -  $t_n$ , °С, принимаемый по табл. 5;

$t_n$  - то же, что в формуле (5.3);

$t_g$  — то же, что в формуле (5.2).

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей и ворот  $R_o^{norm}$  должно быть не менее  $0,6 R_o^{norm}$  стен зданий, определяемого по формуле (5.4).

Если температура воздуха двух соседних помещений отличается больше, чем на 8°С, то

минимально допустимое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, разделяющих эти помещения (кроме светопрозрачных), следует определять по формуле (5.4) принимая за величину  $t_n$  расчетную температуру воздуха в более холодном помещении.

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

**Таблица 4 — Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции**

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_e$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты $h$ ребер к расстоянию $a$ между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9

Примечание — Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_e$  внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии с СНиП 2.10.03.

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

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад $\Delta t''$ , °С, для			
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	зенитных фонарей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_e - t_p$
2. Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_e - t_p$
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	$t_e - t_p$ , но не более 7	$0,8(t_e - t_p)$ , но не более 6	2,5	$t_e - t_p$
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_e - t_p$	$0,8(t_e - t_p)$	2,5	не норм.
5. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м <sup>3</sup> ) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 50 %	12	12	2,5	$t_e - t_p$

Обозначения:  $t_e$  — то же, что в формуле (5.2);  
 $t_p$  — температура точки росы, °С, при расчетной температуре  $t_e$  и относительной влажности внутреннего воздуха, принимаемым согласно СанПиН 2.1.2.1002, ГОСТ 12.1.005 и СанПиН 2.2.4.548, СНиП 41-01 и нормам проектирования соответствующих зданий.  
Примечание — Для зданий картофеле- и овощехранилищ нормируемый температурный перепад  $\Delta t''$  для наружных стен, покрытий и чердачных перекрытий следует принимать по СНиП 2.11.02.

**5.3** Для помещений зданий с влажным или мокрым режимом, а также для производственных зданий со значительными избытками теплоты и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 50% нормируемое значение сопротивления теплопередаче определяется по формуле (5.4).

**5.4** Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания (или любой выделенной ограждающей конструкции) -  $R_o^{np}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, рассчитывается в соответствии с Приложением Е, с использованием результатов расчетов температурных полей.

При расчете приведенного сопротивления теплопередаче, коэффициенты теплоотдачи внутренних поверхностей ограждающих конструкций следует принимать в соответствии с таблицей 4, а коэффициенты теплоотдачи наружных поверхностей - в соответствии с таблицей 6.

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

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, контактирующих с грунтом, следует определять по методике п. Е.7 Приложения Е.

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

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций с вентилируемыми воздушными прослойками следует рассчитывать в соответствии с приложением Л.

Таблица 6 — Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, $\alpha_n$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°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, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом.	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами и техническими, подпольями не вентилируемых наружным воздухом.	6

#### Комплексное требование

5.5. Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания,  $k_{об}^{мп}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), следует принимать в зависимости от отапливаемого объема здания и градусо-суток отопительного периода района строительства по табл. 7 с учетом примечаний.

Таблица 7 - Нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики здания.

Отапливаемый объем здания, $V_{от}$ , м <sup>3</sup>	Значения $k_{об}^{мп}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С), при значениях ГСОП, °С сут/год				
	1000	3000	5000	8000	12000
300	0,957	0,708	0,562	0,429	0,326
600	0,759	0,562	0,446	0,341	0,259
1200	0,606	0,449	0,356	0,272	0,207
2500	0,486	0,360	0,286	0,218	0,166
6000	0,391	0,289	0,229	0,175	0,133

15000	0,327	0,242	0,192	0,146	0,111
50000	0,277	0,205	0,162	0,124	0,094
200000	0,269	0,182	0,145	0,111	0,084

**Примечания**

1. Для промежуточных величин объема зданий и ГСОП, а также для величин отапливаемого объема здания превышающих 200000 м<sup>3</sup> значение  $k_{об}^{mp}$  рассчитываются по формулам:

$$k_{об}^{mp} = \begin{cases} \frac{4,74}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{V_{ом}}} & V_{ом} \leq 960 \\ \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{ом}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61} & V_{ом} > 960 \end{cases} \quad (5.5)$$

$$k_{об}^{mp} = \frac{8,5}{\sqrt{ГСОП}} \quad (5.6)$$

2. При достижении величиной  $k_{об}^{mp}$ , вычисленной по (5.5), значений меньших, чем определенных по формуле (5.6), следует принимать значения  $k_{об}^{mp}$  определённые по формуле (5.6).

**5.6** Удельная теплозащитная характеристика здания,  $k_{об}$ , Вт/(м<sup>3</sup> °С), рассчитывается по методике приложения Ж.

**Санитарно – гигиеническое требование**

**5.7** Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции (за исключением вертикальных светопрозрачных конструкций) в зоне теплопроводных включений, в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей должна быть не ниже точки росы внутреннего воздуха при расчетной температуре наружного воздуха -  $t_n$ , °С, принимаемой в соответствии с пояснениями к формуле 5.4.

Минимальная температура внутренней поверхности остекления вертикальных светопрозрачных конструкций зданий (кроме производственных) должна быть не ниже плюс 3 °С, для производственных зданий — не ниже 0 °С, а непрозрачных элементов окон — не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха помещения, при расчетной температуре наружного воздуха -  $t_n$ , °С, принимаемой в соответствии с пояснениями к формуле 5.4.

Светопрозрачную конструкцию следует считать вертикальной, если ее угол наклона к горизонту 45° и более.

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции проверяется по результатам расчета температурных полей всех зон с теплотехнической неоднородностью или по результатам испытаний в климатической камере в аккредитованной лаборатории.

Расчетную температуру наружного воздуха в холодный период года следует принимать равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;

Относительную влажность внутреннего воздуха для определения точки росы следует принимать:

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

- для кухонь — 60 %;
- для ванных комнат — 65 %;
- для теплых подвалов и подполий с коммуникациями — 75 %;
- для теплых чердаков жилых зданий — 55 %;
- для помещений общественных зданий (кроме вышеуказанных) — 50 %.

## 6 ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

**6.1** В районах со среднемесячной температурой июля 21 °С и выше расчетная амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций (наружных стен и перекрытий / покрытий)  $A_{\tau}$ , °С, зданий жилых, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов, а также производственных зданий, в которых необходимо соблюдать оптимальные параметры температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне в теплый период года или по условиям технологии поддерживать постоянными температуру или температуру и относительную влажность воздуха, не должна быть более нормируемой амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции  $A_{\tau}^{mp}$ , °С, определяемой по формуле

$$A_{\tau}^{mp} = 2,5 - 0,1(t_n - 21), \quad (6.1)$$

где  $t_n$  — средняя месячная температура наружного воздуха за июль, °С, принимаемая по таблице 3 СНиП 23-01.

**6.2** Амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций  $A_{\tau_e}$ , °С, следует определять по формуле:

$$A_{\tau_e} = \frac{A_{t_n}^{pacч}}{\nu}, \quad (6.2)$$

где  $A_{t_n}^{pacч}$  — расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха, °С, определяемая согласно п. 6.3;

$\nu$  — величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха  $A_{t_n}^{pacч}$  в ограждающей конструкции, определяемая согласно п. 6.4.

**6.3** Расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха  $A_{t_n}^{pacч}$ , °С, следует определять по формуле:

$$A_{t_n}^{pacч} = 0,5 A_{t_n} + \frac{\rho(I_{max} - I_{cp})}{\alpha_n}, \quad (6.3)$$

где  $A_{t_n}$  — максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, °С, принимаемая согласно СНиП 23-01;

$\rho$  — коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по приложению 3;

$I_{max}$ ,  $I_{cp}$  — соответственно максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), Вт/м<sup>2</sup>, принимаемые согласно СНиП 23-01 для наружных стен — как для вертикальных поверхностей западной ориентации и для покрытий — как для горизонтальной поверхности;

$\alpha_n$  — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м<sup>2</sup> · °С), определяемый по формуле (6.9).

**6.4** Величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха  $\nu$  в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоев, следует определять по формуле:

$$v = 0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(s_1 + \alpha_e)(s_2 + Y_1) \dots (s_n + Y_{n-1})(\alpha_n + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) \dots (s_n + Y_n)\alpha_n}, \quad (6.4)$$

где  $e = 2,718$  — основание натуральных логарифмов;

$D$  — тепловая инерция ограждающей конструкции, определяемая по п. 6.5.

$s_1, s_2, \dots, s_n$  — расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);

$Y_1, Y_2, \dots, Y_{n-1}, Y_n$  — коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup> · °С), определяемые согласно п. 6.5;

$\alpha_e$  — то же, что в формуле (5.4);

$\alpha_n$  — то же, что в формуле (6.3).

Для многослойной неоднородной ограждающей конструкции с теплопроводными включениями величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха  $v$  в ограждающей конструкции следует определять в соответствии с ГОСТ 26253—84.

**П р и м е ч а н и е.** Порядок нумерации слоев в формуле (6.4) принят в направлении от внутренней поверхности к наружной.

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

$$D_i = R_i s_i \quad (6.5)$$

где  $R_i$  — термическое сопротивление отдельных  $i$ -го слоя ограждающей конструкции, м<sup>2</sup> · °С/Вт, определяемое по формуле:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (6.6)$$

где  $\delta_i$  — толщина  $i$ -го слоя конструкции, м;

$\lambda_i$  — расчетный коэффициент теплопроводности материала  $i$ -го слоя конструкции, Вт/(м · °С).

**П р и м е ч а н и я:** 1. Расчетный коэффициент теплоусвоения воздушных прослоек принимается равным нулю.

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

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

**6.6** Для определения коэффициентов теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции следует предварительно вычислить тепловую инерцию  $D$  каждого слоя по формуле (6.5).

Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя  $Y$ , Вт/(м<sup>2</sup> · °С), с тепловой инерцией  $D \geq 1$  следует принимать равным расчетному коэффициенту теплоусвоения  $s$  материала этого слоя конструкции.

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

а) для первого слоя — по формуле:

$$Y_1 = \frac{R_1 s_1^2 + \alpha_e}{1 + R_1 \alpha_e}, \quad (6.7)$$

б) для  $i$ -го слоя — по формуле

$$Y_i = \frac{R_i s_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}}, \quad (6.8)$$

где  $R_1, R_i$  — термические сопротивления соответственно первого и  $i$ -го слоев ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , определяемые по формуле (6.6);

$s_1, s_i$  — расчетные коэффициенты теплоусвоения материала соответственно первого и  $i$ -го слоев,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$\alpha_b$  — то же, что в формуле (5.4);

$Y_1, Y_i, Y_{i-1}$  — коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности соответственно первого,  $i$ -го и  $(i-1)$ -го слоев ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ .

**6.7** Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям  $\alpha_n$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , следует определять по формуле

$$\alpha_n = 1,16(5 + 10\sqrt{v}), \quad (6.9)$$

где  $v$  — минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16 % и более, принимаемая согласно СНиП 23-01, но не менее 1 м/с.

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

Коэффициент теплопропускания солнцезащитного устройства должен быть не более нормируемой величины  $\beta_{сз}^H$ , установленной табл. 8.

Таблица 8 — Нормируемые значения коэффициента теплопропускания солнцезащитного устройства

Здания	Коэффициент теплопропускания солнцезащитного устройства $\beta_{сз}^H$
1 Здания жилые, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов	0,2
2 Производственные здания, в которых должны соблюдаться оптимальные нормы температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне или по условиям технологии должны поддерживаться постоянными температура или температура и относительная влажность воздуха	0,4

## 7 ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

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

$$R_u^{mp} = \Delta p / G_n, \quad (7.1)$$

где  $\Delta p$  — разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждаю-

щих конструкций, Па, определяемая в соответствии с 7.2;

$G_n$  — нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, кг/(м<sup>2</sup>·ч), принимаемая в соответствии с 7.3.

7.2 Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций  $\Delta p$ , Па, следует определять по формуле

$$\Delta p = 0,55H(\gamma_n - \gamma_e) + 0,03\gamma_n v^2, \quad (7.2)$$

где  $H$  — высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), м;

$\gamma_n, \gamma_e$  — удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м<sup>3</sup>, определяемый по формуле

$$\gamma = 3463/(273 + t), \quad (7.3)$$

$t$  — температура воздуха: внутреннего (для определения  $\gamma_e$ ) — принимается согласно оптимальным параметрам по ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 30494 и СанПиН 2.1.2.1002; наружного (для определения  $\gamma_n$ ) — принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СНиП 23-01;

$v$  — максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более, принимаемая по таблице 1\* СНиП 23-01.

7.3 Нормируемую поперечную воздухопроницаемость  $G_n$ , кг/(м<sup>2</sup>·ч), ограждающей конструкции зданий следует принимать по таблице 9.

Таблица 9 — Нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций

Ограждающие конструкции	Воздухопроницаемость $G_n$ , кг/(м <sup>2</sup> ·ч), не более
1 Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных, административных и бытовых зданий и помещений	0,5
2 Наружные стены, перекрытия и покрытия производственных зданий и помещений	1,0
3 Стыки между панелями наружных стен:	
а) жилых зданий	0,5*
б) производственных зданий	1,0*
4 Входные двери в квартиры	1,5
5 Входные двери в жилые, общественные и бытовые здания	7,0
6 Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений в деревянных переплетах; окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
7 Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений в пластмассовых или алюминиевых переплетах	5,0
8 Окна, двери и ворота производственных зданий	8,0
9 Фонари производственных зданий	10,0
* В кг/(м·ч).	

7.4 Сопротивление воздухопроницанию  $R_u$  многослойной ограждающей конструкции следует рассчитывать как сумму сопротивлений воздухопроницанию отдельных слоев по формуле:

$$R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un} \quad (7.4)$$

где  $R_{u1}, R_{u2}, \dots, R_{un}$  — сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·ч·Па/кг.

7.5 Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий, а также окон и фонарей производственных зданий  $R_u$  должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию  $R_u^{mp}$ , м<sup>2</sup>·ч/кг, определяемого по формуле

$$R_u^{mp} = (l/G_n) \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^{2/3}, \quad (7.5)$$

где  $G_n$  — то же, что и в формуле (7.1);



$\Delta p$  — то же, что и в формуле (7.2);

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

**7.6** Сопротивление воздухопроницанию выбранного типа светопрозрачной конструкции  $R_u$ , м<sup>2</sup>·ч/кг, определяют по формуле:

$$R_u^{mp} = (1/G_c) \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^n, \quad (7.6)$$

где  $G_c$  — воздухопроницаемость светопрозрачной конструкции, кг/(м<sup>2</sup>·ч), при  $\Delta p_0 = 10$  Па, полученная в результате испытаний;

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

**7.7** В случае  $R_u \geq R_u^{mp}$  выбранная ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям п.7.1 по сопротивлению воздухопроницанию.

В случае  $R_u < R_u^{mp}$  необходимо заменить или изменить ограждающую конструкцию и проводить расчеты по формулам (7.4) или (7.6) до удовлетворения требований п.7.1.

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

## 8 ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

**8.1** Защита от переувлажнения ограждающих конструкций обеспечивается путем проектирования ограждающих конструкций с сопротивлением паропроницанию внутренних слоев не менее требуемого значения, определяемого расчетом одномерного влагопереноса (осуществляемому по механизму паропроницаемости).

Сопротивление паропроницанию  $R_n$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения, определяемой в соответствии с п.8.5) должно быть не менее наибольшего из следующих требуемых сопротивлений паропроницанию:

а) требуемого сопротивления паропроницанию  $R_{n1}^{mp}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле

$$R_{n1}^{mp} = \frac{(e_s - E)R_{n,n}}{E - e_n}; \quad (8.1)$$

б) требуемого сопротивления паропроницанию  $R_{n2}^{mp}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле

$$R_{n2}^{mp} = \frac{0,0024z_0(e_s - E_0)}{\rho_w \delta_w \Delta w + \eta}, \quad (8.2)$$

где  $e_s$  — парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетных температуре и относительной влажности воздуха в помещении, определяемое по формуле

$$e_s = (\varphi_s / 100)E_s, \quad (8.3)$$

где  $E_s$  — парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре внутреннего воздуха помещения  $t_s$ , рассчитывается в соответствии с п. 8.6;

$\varphi_s$  — относительная влажность внутреннего воздуха, %, принимаемая для различных зданий в соответствии с п. 5.7;

$R_{n,n}$  — сопротивление паропроницанию, м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью

максимального увлажнения, определяемое по п.8.7;

$e_n$  — среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период, Па, определяемое по таблице 5а\* СНиП 23-01;

$Z_0$  — продолжительность периода влагонакопления, сут., принимаемая равной периоду с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха по таблице 3\* СНиП 23-01;

$E_0$  — парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения, Па, определяемое при средней температуре наружного воздуха периода влагонакопления  $Z_0$  согласно п.8.6 и п.8.8;

$\rho_w$  — плотность материала увлажняемого слоя, кг/м<sup>3</sup>, принимаемая равной  $\rho_0$  по приложению Г настоящего СП;

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

$\Delta w$  — предельно допустимое приращение влажности в материале увлажняемого слоя, % по массе, за период влагонакопления  $Z_0$ , принимаемое по таблице 10;

В случае, когда плоскость максимального увлажнения приходится на стык между двумя слоями,  $\delta_w \Delta w$  в формуле (8.2) принимается равной сумме  $\delta_{w1} \Delta w_1 + \delta_{w2} \Delta w_2$ , где  $\delta_{w1}$  и  $\delta_{w2}$  соответствуют половине толщины стыкующихся слоев.

Таблица 10 - Значения предельно допустимого приращения влажности в материале  $\Delta w$

Материал ограждающей конструкции	Предельно допустимое приращение влажности в материале* $\Delta w$ , % по массе
1 Кладка из глиняного кирпича и керамических блоков	1,5
2 Кладка из силикатного кирпича	2,0
3 Легкие бетоны на пористых заполнителях (керамзитобетон, шугизитобетон, перлитобетон, шлакопемзобетон)	5
4 Ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон, газосиликат и др.)	6
5 Пеногазостекло	1,5
6 Фибролит и арболит цементные	7,5
7 Минераловатные плиты и маты	3
8 Пенополистирол и пенополиуретан	25
9 Фенольно-резольный пенопласт	50
10 Теплоизоляционные засыпки из керамзита, шунгизита, шлака	3
11 Тяжелый бетон, цементно-песчаный раствор	2

\* В случае, если значение сорбционной влажности материала при относительной влажности воздуха 97% меньше, чем значение влажности материала при условии эксплуатации Б, и разница между этими значениями составляет  $\Delta w_c$ , % по массе, то значение предельно допустимого приращения влажности в материале  $\Delta w$  увеличивается на величину  $\Delta w_c$ . Сорбционную влажность материала определяют по ГОСТ 24816.

$E$  — парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения за годовой период эксплуатации, Па, определяемое по формуле

$$E = (E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3) / 12, \quad (8.4)$$

где  $E_1, E_2, E_3$  — парциальные давления насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения, соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов, Па, определяемые согласно п.8.6, по температуре в плоскости максимального увлажнения (определяется согласно п.8.8), при средней температуре наружного воздуха соответствующего периода;

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

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

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

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

$\eta$  — коэффициент, определяемый по формуле

$$\eta = \frac{0,0024(E_0 - e_{n,omp})z_0}{R_{n,n}}, \quad (8.5)$$

где  $e_{n,omp}$  — среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, Па, определяемыми по таблице 5а\* СНиП 23-01.

Пр и м е ч а н и е:

1. При определении парциального давления  $E_3$  для летнего периода, температуру в плоскости максимального увлажнения во всех случаях следует принимать не ниже средней температуры наружного воздуха летнего периода, парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха  $e_в$  — не ниже среднего парциального давления водяного пара наружного воздуха за этот период.

**8.2** Сопротивление паропроницанию  $R_n$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, чердачного перекрытия или части конструкции вентилируемого покрытия, расположенной между внутренней поверхностью покрытия и воздушной прослойкой, в зданиях со скатами кровли должно быть не менее требуемого сопротивления паропроницанию  $R_n^{mp}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, определяемого по формуле:

$$R_n^{mp} = 0,0012(e_в - e_{n,omp}), \quad (8.6)$$

где  $e_в$ ,  $e_{n,omp}$  — то же, что и в формулах (8.1) и (8.5).

**8.3** Для защиты от увлажнения теплоизоляционного слоя (утеплителя) в покрытиях зданий с влажным или мокрым режимом следует предусматривать пароизоляцию ниже теплоизоляционного слоя, которую следует учитывать при определении сопротивления паропроницанию покрытия в соответствии с п.8.7.

**8.4** Для защиты от переувлажнения навесных фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой необходимо дополнительно выполнить проверку на «невыпадение конденсата» в вентилируемой воздушной прослойке в соответствии с расчетом, представленным в приложении Л.

**8.5** Плоскость максимального увлажнения определяется для периода с отрицательными среднемесячными температурами.

По формуле (8.7) для каждого слоя многослойной конструкции вычисляют значение комплекса  $f_i(t_{м.у.})$ , характеризующего температуру в плоскости максимального увлажнения. Для этого в формулу (8.7) подставляются коэффициенты теплопроводности и паропроницаемости, соответствующие каждому слою конструкции.

$$f_i(t_{м.у.}) = 5330 \cdot \frac{R_{o,n}(t_в - t_{н,omp})}{R_o^{усл}(e_в - e_0^H)} \cdot \frac{\mu_i}{\lambda_i}, \quad (8.7)$$

где  $R_{o,n}$  — общее сопротивление паропроницанию ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, определяемое согласно п. 8.7;

$R_o^{усл}$  — условное сопротивление теплопередаче однородной многослойной ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·°С/Вт, определяемое по Приложению Е формулам (Е.6), (Е.7);

$t_{н,omp}$  — средняя температура наружного воздуха для периода с отрицательными среднемесячными температурами, °С;

$\lambda_i$ ,  $\mu_i$  — расчетные коэффициенты теплопроводности, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), и паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), материала соответствующего слоя.

По полученным значениям комплекса  $f_i(t_{м.у.})$  по таблице 11 определяют значения температуры в плоскости максимального увлажнения,  $t_{м.у.}$ , для каждого слоя многослойной конструкции.

Составляют таблицу, содержащую номер слоя,  $t_{м.у.}$  для этого слоя, температуры на гра-

ницах слоя, полученные расчетом по п. 8.8 (при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными средними температурами). Полученные значения  $t_{м.у.}$  сравнивают с температурами на границах слоев конструкции и определяют слой в котором находится плоскость максимального увлажнения (если температура  $t_{м.у.}$  для данного слоя лежит в пределах температур на границах). По значению  $t_{м.у.}$  в данном слое определяют координату  $x_{м.у.}$  плоскости максимального увлажнения в этом слое (распределение температуры внутри слоя линейно). Если в двух соседних слоях конструкции отсутствует плоскость с температурой  $t_{м.у.}$ , при этом у более холодного слоя  $t_{м.у.}$  выше его температуры, а у более теплого слоя  $t_{м.у.}$  ниже его температуры, то плоскость максимального увлажнения находится на стыке этих слоев. Если внутри конструкции не оказалось плоскости максимального увлажнения, то она проходит по наружной границе конструкции.

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

Таблица 11 – Зависимость комплекса  $f(t_{м.у.})$  от температуры в плоскости максимального увлажнения

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

Для многослойных ограждающих конструкций с выраженным теплоизоляционным слоем (термическое сопротивление теплоизоляционного слоя больше  $2/3 R_o^{усл}$ ) и наружным слоем, коэффициент паропроницаемости которого меньше, чем у материала теплоизоляционного слоя, допускается принимать плоскость максимального увлажнения на наружной границе утеплителя, при условии выполнения неравенства:

$$\frac{\mu_{ym}}{\lambda_{ym}} > 2,$$

где  $\lambda_{ym}$   $\mu_{ym}$  - расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), и паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), материала теплоизоляционного слоя.

**8.6** Парциальное давление насыщенного водяного пара  $E$ , Па, при температуре  $t$ , °C от минус 40°C до плюс 45°C, определяется по формуле:

$$E = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273+t}\right). \quad (8.8)$$

**8.7** Сопротивление паропроницанию  $R_{ni}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, однослойной или отдельного слоя многослойной ограждающей конструкции определяется по формуле

$$R_{ni} = \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (8.9)$$

где  $\delta_i$  - толщина слоя ограждающей конструкции, м;

$\mu_i$  - расчетный коэффициент паропроницаемости материала слоя ограждающей конструкции, мг/(м·ч·Па);

Сопротивление паропроницанию многослойной ограждающей конструкции (или ее час-

ти) равно сумме сопротивлений паропроницанию составляющих ее слоев

$$R_{o,n} = \sum \frac{\delta_i}{\mu_i}. \quad (8.9^*)$$

Сопротивление паропроницанию  $R_n$  листовых материалов и тонких слоев пароизоляции следует принимать по приложению М.

**П р и м е ч а н и я:**

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

2. Для обеспечения требуемого сопротивления паропроницанию  $R_n^{mp}$  ограждающей конструкции следует определять сопротивление паропроницанию  $R_n$  конструкции в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения.

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

**8.8** Температуру  $t_x$ , °С, ограждающей конструкции в плоскости, отстоящей от внутренней поверхности на расстоянии  $x$ , м, следует определять по формуле:

$$t_x = t_a - \frac{t_a - t_n}{R_{o,всл}} R_x, \quad (8.10)$$

где  $t_a$  и  $t_n$  - температура внутреннего и наружного воздуха, соответственно, °С;

$R_x$  - сопротивление теплопередаче части многослойной ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости, отстоящей от внутренней поверхности на расстоянии  $x$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, определяемое по формуле:

$$R_x = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{\text{до сечения } x} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (8.11)$$

## 9 ТЕПЛОУСВОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛОВ

**9.1** Поверхность пола жилых и общественных зданий, вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий и отапливаемых помещений производственных зданий (на участках с постоянными рабочими местами) должна иметь расчетный показатель теплоусвоения  $Y_{пол}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), не более нормируемой величины  $Y_{пол}^{mp}$ , установленной в таблице 12.

Таблица 12 — **Нормируемые значения показателя  $Y_{пол}^{mp}$**

Здания, помещения и отдельные участки	Показатель теплоусвоения поверхности пола $Y_{пол}^{mp}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°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); вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий; участки с постоянными рабочими местами в отапливаемых помещениях производственных зданий, где выполняются легкие физические работы (категория I)	14
3 Участки с постоянными рабочими местами в отапливаемых помещениях производственных зданий, где выполняются физические работы средней тяжести (кате-	17

горя II)	
4 Участки животноводческих зданий в местах отдыха животных при бесподстилочном содержании:	
а) коровы и нетели за 2—3 месяца до отела, быки-производители, телята до 6 месяцев, ремонтный молодняк крупного рогатого скота, свиньи-матки, хряки, поросята-отъемыши	11
б) коровы стельные и новотельные, молодняк свиней, свиньи на откорме	13
в) крупный рогатый скот на откорме	14

**9.2** Расчетная величина показателя теплоусвоения поверхности пола  $Y_{пол}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C) определяется следующим образом:

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

$$Y_{пол} = 2s_1; \quad (9.1)$$

б) если первые  $n$  слоев конструкции пола ( $n \geq 1$ ) имеют суммарную тепловую инерцию  $D_1 + D_2 + \dots + D_n < 0,5$ , но тепловая инерция  $(n + 1)$  слоев  $D_1 + D_2 + \dots + D_{n+1} \geq 0,5$ , то показатель теплоусвоения поверхности пола  $Y_{пол}$  следует определять последовательно расчетом показателей теплоусвоения поверхностей слоев конструкции, начиная с  $n$ -го до 1-го:

для  $n$ -го слоя — по формуле

$$Y_n = (2R_n s_n^2 + s_{n+1}) / (0,5 + R_n s_{n+1}); \quad (9.2)$$

для  $i$ -го слоя ( $i = n-1; n-2; \dots; 1$ ) — по формуле

$$Y_i = (4R_i s_i^2 + Y_{n+1}) / (1 + R_i Y_{i+1}). \quad (9.3)$$

Показатель теплоусвоения поверхности пола  $Y_{пол}$  принимается равным показателю теплоусвоения поверхности 1-го слоя  $Y_1$ .

В формулах (9.1) - (9.3) и неравенствах:

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

$$D_1 = R_1 s_1; D_2 = R_2 s_2; \dots; D_n = R_n s_n \quad (9.4)$$

$R_1, R_2, \dots, R_n$  — термические сопротивления, м<sup>2</sup>·°C/Вт, соответственно 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го слоев конструкции пола, определяемые по формулам:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1}; R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2}; \dots; R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n} \quad (9.5)$$

$s_1, s_i, s_n, s_{n+1}$  — расчетные коэффициенты теплоусвоения материала соответственно 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го,  $(n+1)$ -го слоев конструкции пола, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), принимаемые по результатам испытаний;

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

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  — расчетные теплопроводности материала соответственно 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го слоев конструкции пола, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), Вт/(м·°C), принимаемые по результатам испытаний.

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

**9.3** Не нормируется показатель теплоусвоения поверхности полов:

а) имеющих температуру поверхности выше 23 °C;

б) в отапливаемых помещениях производственных зданий, где выполняются тяжелые физические работы (категория III);

в) в производственных зданиях при условии укладки на участке постоянных рабочих мест деревянных щитов или теплоизолирующих ковриков;

г) помещений общественных зданий, эксплуатация которых не связана с постоянным пребыванием в них людей (залы музеев и выставок, фойе театров, кинотеатров и т.п.).

**9.4** Теплотехнический расчет полов животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданий следует выполнять с учетом требований СНиП 2.10.03.

## 10 ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

**10.1** Показателем энергетической эффективности жилого или общественного здания на стадии разработки проектной документации, является удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания численно равная расходу тепловой энергии на 1 м<sup>3</sup> отапливаемого объема здания в единицу времени при перепаде температуры в один °С,  $q_{om}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С). Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания,  $q_{om}^p$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), определяется по методике приложения Г с учетом климатических условий района строительства, на основе выбранных объемно-планировочных решений, ориентации, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, системы вентиляции здания, а также применения других энергосберегающих решений. Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания должно быть меньше или равно нормируемого значения  $q_{om}^{mp}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С):

$$q_{om}^p \leq q_{om}^{mp}, \quad (10.1)$$

где  $q_{om}^{mp}$  - нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, Вт/(м<sup>3</sup>·°С), определяемая для различных типов жилых и общественных зданий по таблице 13 или 14.

**Таблица 13 - Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых многоквартирных зданий,  $q_{om}^{mp}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С)**

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

Примечание — при промежуточных значениях отапливаемой площади дома в интервале 50—1000 м<sup>2</sup> значения  $q_{om}^{mp}$  должны определяться по линейной интерполяции.

**Таблица 14 - Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий,  $q_{om}^{mp}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С)**

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

ницы, общежития								
2 Общественные, кроме перечисленных в строках 3–6 таблицы	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311
3 Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	0,311
4 Дошкольные учреждения, хосписы	0,521	0,521	0,521	-	-	-	-	-
5 Сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности, технопарки, склады	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	-		
6 Административного назначения (офисы)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232

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

с естественным побуждением  $n_{50} \leq 4$  ч<sup>-1</sup>;

с механическим побуждением  $n_{50} \leq 2$  ч<sup>-1</sup>.

**10.3** Для оценки достигнутой в проекте здания или в эксплуатируемом здании энергетической эффективности потребления энергии на отопление и вентиляцию (по показателю энергетической эффективности здания), установлены следующие классы энергетической эффективности зданий (таблица 15) в % отклонения расчетного показателя энергетической эффективности здания от нормируемой (базовой) величины.

Таблица 15 - Классы энергетической эффективности жилых и общественных зданий

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения расчетного (фактического) значения показателя удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
<b>A++</b>	<b>Очень высокий</b>	ниже -60	Экономическое стимулирование
<b>A+</b>		от -50 до -60 включительно	
<b>A</b>		от -40 до -50 включительно	
<b>B+</b>	<b>Высокий</b>	от -30 до -40 включительно	Экономическое стимулирование
<b>B</b>		от -15 до -30 включительно	
<b>C+</b>	<b>Нормальный</b>	от -5 до -15 включительно	Мероприятия не разрабатываются
<b>C</b>		от +5 до -5 включительно	
<b>C-</b>		от +15 до +5 включительно	
При эксплуатации существующих зданий			
			Реконструкция, при



<b>D</b>	<b>Пониженный</b>	от + 15,1 до + 50 включительно	соответствующем экономическом обосновании
<b>E</b>	<b>Низкий</b>	более +50	Реконструкция, при соответствующем экономическом обосновании, или снос.

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

**10.5** Присвоение зданию класса «B» и «A» производится только при условии включения в проект следующих обязательных энергосберегающих мероприятий:

- применение индивидуальных тепловых пунктов, снижающих затраты энергии на циркуляцию в системах горячего водоснабжения и оснащенных автоматизированными системами управления и учета потребления энергоресурсов, горячей и холодной воды;
- применение систем освещения общедомовых помещений, использующих энергосберегающие лампы, оснащенных датчиками движения и освещенности, а также устройствами компенсации реактивной мощности двигателей лифтового хозяйства, насосного и вентиляционного оборудования;
- применение авторегулируемой вытяжной вентиляции с механическим побуждением и естественным притоком через вентиляционные клапаны в наружных ограждающих конструкциях

**10.6** Контроль за соответствием показателей энергетической эффективности здания - нормируемым показателям на стадии разработки проектной документации осуществляют органы экспертизы.

**10.7** Проверка соответствия вводимых в эксплуатацию зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов осуществляется органом государственного строительного надзора при осуществлении государственного строительного надзора. В иных случаях контроль и подтверждение соответствия вводимых в эксплуатацию зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов осуществляются застройщиком.

**10.8** Класс энергетической эффективности при вводе в эксплуатацию законченного строительством или реконструкцией здания устанавливается на основе результатов обязательного расчетно-экспериментального контроля нормируемых энергетических показателей.

**10.9** Срок, в течение которого выполнение требований энергетической эффективности обеспечивается застройщиком, должен составлять не менее пяти лет с момента ввода их в эксплуатацию. Для многоквартирных домов высокого класса энергетической эффективности (по классу «B») и очень высокого класса энергетической эффективности (по классу «A») выполнение таких требований должно быть обеспечено застройщиком в течение первых десяти лет эксплуатации. При этом во всех случаях на застройщике лежит обязанность проведения обязательного расчетно-инструментального контроля нормируемых энергетических показателей дома как при вводе дома в эксплуатацию, так и последующего их подтверждения не реже, чем один раз в пять лет.

## 11 ТРЕБОВАНИЯ К ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМУ ПАСПОРТУ ЗДАНИЯ

**11.1** Энергетический паспорт проекта здания разрабатывается в целях обеспечения системы мониторинга его энергетической эффективности, что подразумевает установление соответствия теплотехнических и энергетических характеристик здания нормируемым показателям, определённым в настоящих нормах и (или) требованиям энергетической эффективности объектов капитального строительства, определяемых федеральным законодательством.

**11.2** Энергетический паспорт следует заполнять при разработке проектов новых, реконструируемых, капитально ремонтируемых жилых и общественных зданий, при расчетно – экспериментальном контроле при приемке зданий в эксплуатацию, а также в процессе подтверждения класса энергетической эффективности при эксплуатации построенных зданий.

Для зданий производственного назначения с температурой внутреннего воздуха ниже + 12 °С энергетический паспорт не разрабатывается, а проводится расчет на соответствие ограждающих конструкций нормативным требованиям.

**11.3** Энергетический паспорт здания не предназначен для расчетов за коммунальные услуги, оказываемые квартиросъемщикам и владельцам квартир, а также собственникам здания.

**11.4** Энергетический паспорт здания следует заполнять:

а) на стадии разработки проекта и на стадии привязки к условиям конкретной площадки — проектной организацией;

б) на стадии сдачи строительного объекта в эксплуатацию — проектной организацией на основе анализа отступлений от первоначального проекта, допущенных при строительстве здания. При этом учитываются:

данные технической документации (исполнительные чертежи, акты на скрытые работы, паспорта, справки, предоставляемые приемочным комиссиям и прочее);

изменения, вносившиеся в проект и санкционированные (согласованные) отступления от проекта в период строительства;

итоги текущих и целевых проверок соблюдения теплотехнических характеристик объекта и инженерных систем техническим и авторским надзором.

В случае необходимости (несогласованное отступление от проекта, отсутствие необходимой технической документации, брак) заказчик и инспекция ГАСН вправе потребовать проведения испытания ограждающих конструкций;

в) на стадии эксплуатации строительного объекта — выборочно и после годичной эксплуатации здания. Включение эксплуатируемого здания в список на заполнение энергетического паспорта, анализ заполненного паспорта и принятие решения о необходимых мероприятиях производятся в порядке, определяемом решениями администраций субъектов Российской Федерации.

**11.5** Энергетический паспорт проекта здания должен содержать следующие разделы:

1. Общая информация, кратко характеризующая объект строительства;

2. Расчетные условия, определяющие температурные параметры воздушной среды внутри и снаружи здания;

3. Геометрические показатели, подсчет которых должен производиться по правилам обмеров приведённых в настоящих нормах;

4. Теплотехнические показатели, определяющие приведённые сопротивления теплопередаче элементов теплотехнической оболочки здания;

5. Вспомогательные показатели, содержащие ненормируемые характеристики;

6. Характеристики теплового баланса здания.

7. Характеристики систем отопления и вентиляции.

8. Интегральные показатели энергоэффективности.

9. Энергозатраты отопительного периода.

Пояснительную записку.

**11.6** Энергетические паспорта проекта здания составляют отдельно по жилой части и нежилым помещениям для жилых зданий со встроенно-пристроенными нежилыми помещениями, полезная площадь которых превышает 20 % площади квартир, и для пристроенных помещений общественного назначения, не объединенных со встроенными помещениями.

Энергетический паспорт проекта здания составляют единым для жилых зданий со встроенно-пристроенными помещениями меньшей площади.

Для жилых зданий переменной этажности нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания принимается по наименьшему показателю этажности.

**11.7** Энергетический паспорт проекта здания разрабатывает проектная организация в составе раздела энергоэффективность.

**11.8** Проверку соответствия энергетического паспорта проекта здания, требованиям настоящих норм должны выполнять органы экспертизы.

**11.9** В задании на проектирование здания следует устанавливать класс тепловой энергетической эффективности не ниже «С», в соответствии с классификацией по таблице 15.

**11.10** Данные энергетического паспорта проекта здания следует принимать в качестве основы для сопоставления с фактическим потреблением тепловой энергии и при расчетно-экспериментальных испытаниях теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций, для проверки удельного показателя тепловой энергетической эффективности.

**11.11** Контроль эксплуатируемых зданий на соответствие настоящим нормам осуществляется по результатам энергоаудита путем расчетно - экспериментального определения основных показателей энергоэффективности и теплозащитных параметров в соответствии с требованиями государственных стандартов и других норм, утвержденных в установленном порядке, на методы испытаний строительных материалов, конструкций и объектов в целом.

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.

**11.12** Форма для заполнения энергетического паспорта здания приведена в приложении Д, а пример составления раздела «Энергоэффективность» проекта общественного здания в приложении Р.

**ПЕРЕЧЕНЬ СТАНДАРТОВ И КЛАССИФИКАТОРОВ,  
НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ В ТЕКСТЕ**

ГОСТ Р 1.5—2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения  
ГОСТ 12.1.005—88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны  
ГОСТ 24816 —81 Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности  
ГОСТ 26253—84 Здания и сооружения. Метод определения теплоустойчивости ограждающих конструкций  
ГОСТ 26602.2—99 Блоки оконные и дверные. Методы определения воздухо- и водопроницаемости  
ГОСТ 26629—85 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций  
ГОСТ 30494—96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях  
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

Примечание. При пользовании настоящим документом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим документом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

<b>1 Тепловая защита здания</b> 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
<b>2 Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период</b> Specific energy demand for heating of a building of a heating season	<i>Нормализованное</i> 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
<b>3 Класс энергетической эффективности</b> Category of the energy efficiency rating	Характеристика продукции, отражающая ее энергетическую эффективность. Характеристика энергетической эффективности здания, представленная интервалом значений удельного <i>годового потребления</i> энергии на отопление и <i>вентиляцию</i> , в % от <i>базового нормируемого значения</i> .
<b>4 Энергетический паспорт проекта здания</b> 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
<b>5 Микроклимат помещения</b> 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)
<b>6 Оптимальные параметры микроклимата помещений</b> 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)
<b>7 Дополнительные тепловыделения в здании</b> Internal heat gain to a building	Теплота, поступающая в помещения здания от людей, включенных энергопотребляющих приборов, оборудования, электродвигателей, искусственного освещения и др., а также от проникающей солнечной радиации
<b>8 Показатель компактности здания</b> Index of the shape of a building	Отношение общей площади внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций здания к заключенному в них отапливаемому объему
<b>9 Коэффициент остекленности фасада здания</b> Glazing-to-wall ratio	Отношение площадей светопроемов к суммарной площади наружных ограждающих конструкций фасада здания, включая светопроемы
<b>10 Отапливаемый объем здания</b> Heating volume of a building	Объем, ограниченный внутренними поверхностями наружных ограждений здания — стен, покрытий (чердачных перекрытий), перекрытий пола первого этажа или пола подвала при отапливаемом подвале
<b>11 Холодный (отопительный) период года</b> 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)
<b>12 Теплый период года</b> 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)
<b>13 Продолжительность отопительного периода</b> Length of the heating season	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

<p><b>14 Средняя температура наружного воздуха отопительного периода</b> Mean temperature of outdoor air of the heating season</p>	<p>от вида здания Расчетная температура наружного воздуха, осредненная за отопительный период по средним суточным температурам наружного воздуха</p>
<p><b>15 Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции</b> The reduced resistance to a heat transfer of a fragment of a enclosing</p>	<p><math>R_o^{np}</math>, <math>m^2 \cdot ^\circ C / Wt</math> 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.</p>
<p><b>16 Условное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции</b> The conventional resistance to a heat transfer of a fragment of a enclosing</p>	<p><math>R_o^{усл}</math>, <math>m^2 \cdot ^\circ C / Wt</math> Физическая величина численно равная приведенному сопротивлению теплопередаче условной ограждающей конструкции, в которой отсутствуют теплотехнические неоднородности.</p>
<p><b>17 Коэффициент теплотехнической однородности</b> Factor of thermotechnical uniformity</p>	<p><math>r</math> 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.</p>
<p><b>18 Теплотехнически неоднородный фрагмент ограждающей конструкции (Теплотехническая неоднородность)</b> Thermotechnical nonuniform fragment of a enclosing</p>	<p>Фрагмент ограждающей конструкции, в котором линии равной температуры располагаются не параллельно друг другу.</p>
<p><b>19 Удельные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность</b> Specific losses of heat through linear thermotechnical uniformity</p>	<p><math>\Psi</math>, <math>Wt / (m \cdot ^\circ C)</math> Удельные потери теплоты, отнесенные к единице длины линейной теплотехнической неоднородности.</p>
<p><b>20 Удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность</b> Specific losses of heat through dot thermotechnical uniformity</p>	<p><math>\chi</math>, <math>Wt / ^\circ C</math> Удельные потери теплоты, приходящиеся на одну точечную теплотехническую неоднородность.</p>
<p><b>21 Удельная теплозащитная характеристика здания</b> The specific heat protection characteristic of a building</p>	<p><math>k_{об}</math>, <math>Wt / (m^3 \cdot ^\circ C)</math> Характеристика теплозащитной оболочки здания. Физическая величина численно равная потерям тепловой энергии единицы отапливаемого объема в единицу времени при перепаде температуры в <math>1^\circ C</math>, через теплозащитную оболочку здания</p>
<p><b>22 Теплозащитная оболочка здания</b> Heat protection enclosure of a building</p>	<p>Совокупность ограждающих конструкций, образующих замкнутый контур, ограничивающий отапливаемый объем здания.</p>
<p><b>23 Точка росы</b> Dew-point</p>	<p>Температура, при которой начинается образование конденсата в воздухе с определенной температурой и относительной влажностью.</p>
<p><b>24 Удельные единовременные затраты на экономию 1 кВт ч/год</b> Specific lumpsum expenses for economy of 1 kW h/year</p>	<p><math>\Omega_{кон}</math>, <math>руб / (кВт ч / год)</math> Единовременные затраты на энергосберегающее мероприятие, отнесенные к величине экономии тепловой энергии 1 кВт ч/год при ГСОП = <math>1000^\circ C</math> сут./год, <math>руб / m^2</math></p>
<p><b>25 Удельная прибыль от экономии энергетической единицы 1 кВт ч/год, руб/(кВт ч/год)</b> Specific profit on economy of power unit of 1 kW h/year</p>	<p><math>\Omega_T</math>, <math>руб / (кВт ч / год)</math> Прибыль, получаемая за счет энергосберегающего мероприятия, отнесенная к величине экономии тепловой энергии 1 кВт ч/год при ГСОП = <math>1000^\circ C</math> сут./год, <math>руб / (кВт ч / год)</math></p>
<p><b>26 Энергетическая эффективность</b> Energy efficiency</p>	<p>Характеристика, отражающая отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.</p>
<p><b>27 Энергосбережение</b></p>	<p>Реализация организационных, правовых, технических, техно-</p>

Energy savings

**28 Класс теплозащитной эффективности**

Category of the thermal performance efficiency rating

**29 Влажностное состояние ограждающей конструкции**

Moisture condition of a enclosing

**30 Влажностный режим помещения**

Humidity behavior of a premise

**31 Защита от переувлажнения ограждающей конструкции**

Protection against strong moisturing of an enclosing

**32 Зона влажности района строительства**

Zone of humidity of area of construction

**33 Воздухопроницаемость ограждающей конструкции**

Air permeability of an enclosing

**34 Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период**

The charge of thermal energy on heating and ventilation for the heating period

**35 Температурный перепад**

Temperature difference

**36 Теплоотдача внутренней поверхности ограждающей конструкции**

Heat loss of an internal surface of an enclosing

**37 Теплоусвоение поверхности пола**

Assimilation of heat by a surface of a floor

**38 Теплоустойчивость ограждающей конструкции**

Heat stability of an enclosing

**39 Условия эксплуатации ограждающих конструкций**

Conditions of service of an enclosing

**40 Фрагмент теплозащитной оболочки здания**

Fragment of heat protection of an enclosure of a building

логических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

Обозначение уровня величины обратной значению энергетической эффективности повышения тепловой защиты фрагмента ограждающей конструкции, характеризуемого границами интервала возможных изменений значений величины обратной энергетической эффективности повышения тепловой защиты фрагмента ограждающей конструкции.

Состояние ограждающей конструкции, характеризующееся влажностью материалов из которых она состоит.

Изменение во времени влажности воздуха помещения.

Мероприятия, обеспечивающие влажностное состояние ограждающей конструкции при котором влажность материалов ее составляющих не превышает нормируемых значений.

Характеристика района территории страны, на котором осуществляется строительство.

Физическое явление, заключающееся в фильтрации воздуха в ограждающей конструкции вызванной перепадом давления воздуха.

Физическая величина численно равная массе воздуха усредненной по площади поверхности ограждающей конструкции, прошедшего через единицу площади поверхности ограждающей конструкции при наличии перепада давления воздуха.

Суммарное количество тепловой энергии, потребленной объектом на отопление и вентиляцию объекта в течение отопительного периода.

Разность двух значений температуры

Физический процесс, заключающийся в теплообмене внутренней поверхности ограждающей конструкции с окружающей средой.

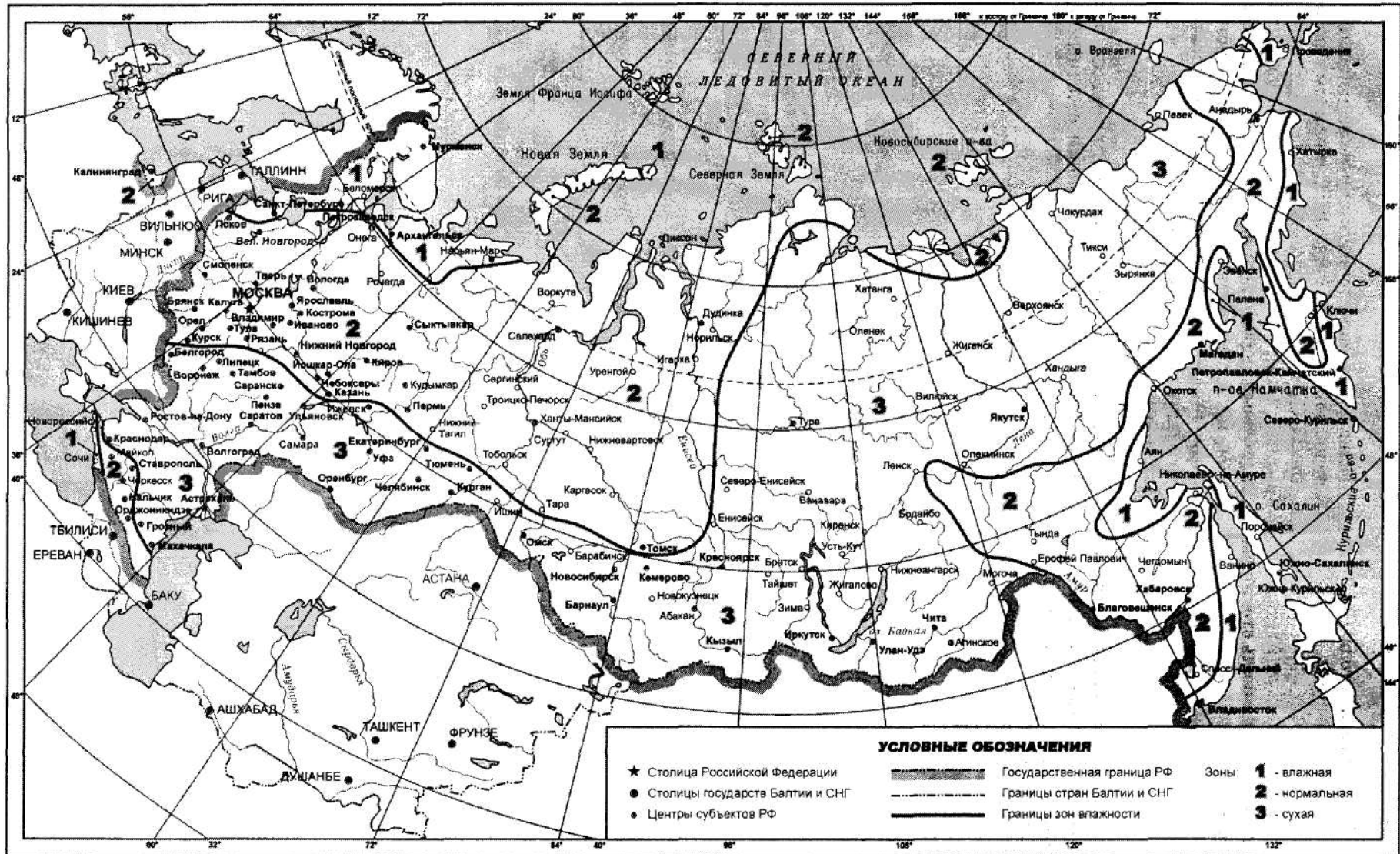
Свойство поверхности пола поглощать теплоту в контакте с какими-либо предметами.

Свойство ограждающей конструкции сохранять относительное постоянство температуры при периодическом изменении тепловых воздействий со стороны наружной и внутренней сред помещения.

Характеристика совокупности параметров воздействия внешней и внутренней среды, оказывающих существенное влияние на влажность материалов наружной ограждающей конструкции.

Совокупность наружных ограждающих конструкций, соединенных между собой и образующая часть теплозащитной оболочки здания.

КАРТА ЗОН ВЛАЖНОСТИ





## РАСЧЕТ УДЕЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСХОДА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Г.1 Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания,  $q_{от}^p$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С) следует определять по формуле:

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

- $k_{об}$  — удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С), определяется в соответствии с приложением Ж;
- $k_{вент}$  — удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);
- $k_{быт}$  — удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);
- $k_{рад}$  — удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);
- $\xi$  — коэффициент, учитывающий снижение тепlopотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения  $\xi = 0,1$ .
- $\beta_h$  — коэффициент, учитывающий дополнительное тепlopотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными тепlopотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, тепlopотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения для:
- многосекционных и других протяженных зданий  $\beta_h = 1,13$ ;
  - зданий башенного типа  $\beta_h = 1,11$ ;
  - зданий с отапливаемыми подвалами или чердаками  $\beta_h = 1,07$ ;
  - зданий с отапливаемыми подвалами и чердаками, а также с квартирными генераторами теплоты  $\beta_h = 1,05$ .
- $v$  — коэффициент снижения тепlopоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемые значения определяются по формуле  $v = 0,7 + 0,000025(GCOП - 1000)$ ;
- $\zeta$  — коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения:
- $\zeta = 1,0$  — в однотрубной системе с термостатами и с пофасадным авторегулированием на вводе или поквартирной горизонтальной разводкой;
  - $\zeta = 0,95$  — в двухтрубной системе отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе;
  - $\zeta = 0,9$  — однотрубной системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе или в однотрубной системе без термостатов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также в двухтрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;
  - $\zeta = 0,85$  — в однотрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;
  - $\zeta = 0,7$  — в системе без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха;
  - $\zeta = 0,5$  — в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе — регулирование центральное в ЦТП или котельной;

Г.2 Удельную вентиляционную характеристику здания,  $k_{вент}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), следует определять по формуле:

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \cdot c \cdot n_{\text{в}} \cdot \beta_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}}^{\text{вент}} (1 - k_{\text{эф}}) \quad (\text{Г.2})$$

где  $c$  - удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);

$\beta_{\text{в}}$  - коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать  $\beta_{\text{в}} = 0,85$ ;

$\rho_{\text{в}}^{\text{вент}}$  - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м<sup>3</sup>

$$\rho_{\text{в}}^{\text{вент}} = 353 / [273 + t_{\text{от}}] , \quad (\text{Г.3})$$

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

$n_{\text{в}}$  - средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч<sup>-1</sup>, определяемая по п. Г.3;

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

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

Средняя воздухопроницаемость квартир жилых и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) обеспечивает в период испытаний воздухообмен кратностью  $n_{50}$ , ч<sup>-1</sup>, при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха при вентиляции: с механическим побуждением  $n_{50} \leq 2$  ч<sup>-1</sup>.

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

**Г.3** Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период  $n_{\text{в}}$ , ч<sup>-1</sup>, рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле

$$n_{\text{в}} = [(L_{\text{вент}} n_{\text{вент}}) / 168 + (G_{\text{инф}} \cdot n_{\text{инф}}) / (168 \rho_{\text{в}}^{\text{вент}})] / (\beta_{\text{в}} V_{\text{от}}) \quad (\text{Г.4})$$

где  $L_{\text{вент}}$  - количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м<sup>3</sup>/ч, равное для:

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

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

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

$A_{\text{ж}}$ ;  $A_p$  — для жилых зданий — площадь жилых помещений ( $A_{\text{ж}}$ ), к которым относятся спальни, детские, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые; для общественных и административных зданий — расчетная площадь ( $A_p$ ), определяемая согласно СНиП 31-05 как сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, переходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов, а также помещений, предназначенных для размещения инженерного оборудования и сетей, м<sup>2</sup>;

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

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

168 — число часов в неделе;

$G_{\text{инф}}$  — количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч: для жилых зданий — воздуха, поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода, определяемое согласно Г.4; для общественных зданий — воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей; допускается принимать для общественных зданий в нерабочее время в зависимости от этажности здания: до трех этажей — равным

- $0,1\beta_v V_{общ}$ , от четырех до девяти этажей –  $0,15\beta_v V_{общ}$ , выше девяти этажей –  $0,2\beta_v V_{общ}$ , где  $V_{общ}$  – отопляемый объем общественной части здания;
- $G_{инф}$  — количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч, определяемое согласно Г.4;
- $n_{инф}$  — число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий с сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и  $(168 - n_{вент})$  для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции;
- $V_{от}$  — отопляемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м<sup>3</sup>;
- $\rho_e^{вент}$  — то же, что и в формулах (Г.2 и Г.3);
- $\beta_v$  - то же, что и в формуле (Г.2).

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

**Г.4** Количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в лестничную клетку жилого здания или в помещения общественного здания через неплотности заполнения проемов, полагая, что все они находятся на наветренной стороне, следует определять по формуле

$$G_{инф} = (A_{ок} / R_{и,ок}^{мп}) \cdot (\Delta p_{ок} / 10)^{2/3} + (A_{дв} / R_{и,дв}^{мп}) \cdot (\Delta p_{дв} / 10)^{1/2} \quad (Г.5)$$

где  $A_{ок}$  и  $A_{дв}$  соответственно суммарная площадь окон и балконных дверей и входных наружных дверей, м<sup>2</sup>;

$R_{и,ок}^{мп}$  и  $R_{и,дв}^{мп}$  соответственно требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей и входных наружных дверей, м<sup>2</sup>·ч/кг;

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

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

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

**Г.5** Удельную характеристику бытовых тепловыделений здания,  $k_{быт}$ , Вт/(м<sup>3</sup> °С), следует определять по формуле:

$$k_{быт} = \frac{q_{быт} \cdot A_{ж}}{V_{от} \cdot (t_e - t_{от})} \quad (Г.6)$$

$q_{быт}$  — величина бытовых тепловыделений на 1 м<sup>2</sup> площади жилых помещений ( $A_{ж}$ ) или расчетной площади общественного здания ( $A_p$ ), Вт/м<sup>2</sup>, принимаемая для:

- жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м<sup>2</sup> общей площади на человека  $q_{быт} = 17$  Вт/м<sup>2</sup>;

б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир  $45 \text{ м}^2$  общей площади и более на человека  $q_{\text{быт}} = 10 \text{ Вт/м}^2$ ;

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

г) для общественных и административных зданий бытовые тепловыделения учитываются по расчетному числу людей ( $90 \text{ Вт/чел}$ ), находящихся в здании, освещения (по установочной мощности) и оргтехники ( $10 \text{ Вт/м}^2$ ) с учетом рабочих часов в неделю;

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

$A_{\text{ж}}$  — то же, что и в Г.3.

**Г.6** Удельную характеристику теплоступлений в здание от солнечной радиации,  $k_{\text{рад}}$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \text{ } ^{\circ}\text{C})$ , следует определять по формуле:

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot Q_{\text{рад}}^{\text{зод}}}{(V_{\text{ом}} \cdot \text{ГСОП})} \quad (\text{Г.7})$$

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

$$Q_{\text{рад}}^{\text{зод}} = \tau_{1\text{ок}} \tau_{2\text{зо}} (A_{\text{ок1}} I_1 + A_{\text{ок2}} I_2 + A_{\text{ок3}} I_3 + A_{\text{ок4}} I_4) + \tau_{1\text{фон}} \tau_{2\text{фон}} A_{\text{фон}} I_{\text{зор}} \quad (\text{Г.8})$$

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

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

$A_{\text{ок1}}, A_{\text{ок2}},$  — площадь светопроемов фасадов здания (глухая часть балконных дверей исключается), соответственно ориентированных по четырем направлениям,  $\text{м}^2$ ;

$A_{\text{ок3}}, A_{\text{ок4}}$  — площадь светопроемов зенитных фонарей здания,  $\text{м}^2$ ;

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

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

Примечание — Для промежуточных направлений величину солнечной радиации следует определять по интерполяции;

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

$V_{\text{ом}}$  — то же, что и в Г.3.

ГСОП — по п.п. 5.2.

**Г.7** Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q$ ,  $\text{кВт ч}/(\text{м}^3 \text{ год})$  или,  $\text{кВт ч}/(\text{м}^2 \text{ год})$  следует определять по формулам:

$$q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot q_{\text{ом}}^{\text{п}}, \quad \text{кВт ч}/(\text{м}^3 \text{ год}) \quad (\text{Г.9})$$

$$q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot q_{\text{ом}}^{\text{п}} \cdot h, \quad \text{кВт ч}/(\text{м}^2 \text{ год}) \quad (\text{Г.9а})$$

где  $q_{\text{ом}}^{\text{п}}$  - То же, что в Г.1 и Г.6

ГСОП - То же, что в (5.2)

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

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

$V_{от}$  — То же, что в Г.3

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $Q_{от}^{зод}$ , кВт ч/год следует определять по формуле:

$$Q_{от}^{зод} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot q_{от}^p \quad (Г.10)$$

**Г.8** Общие теплопотери здания за отопительный период  $Q_{общ}^{зод}$ , кВт ч/год, следует определять по формуле:

$$Q_{общ}^{зод} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot (k_{об} + k_{вент}) \quad (Г.11)$$

где ГСОП - То же, что в (5.2)

$V_{от}$  — То же, что в Г.3

$k_{об}$ ,  $k_{вент}$  То же, что в Г.1



(эквивалентная) – перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентная)	$A_{цок1}$	–		
– перекрытий над проездами или под эркерами	$A_{цок2}$	–		
– стен в земле и пола по грунту (раздельно)	$A_{цок3}$	–		

#### 4. Показатели теплотехнические

№ п/п	Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
16	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе:	$R_o^{np}$ , м <sup>2</sup> •°С/Вт			
	– стен (раздельно по типу конструкции)	$R_{o,ст}^{np}$			
	– окон и балконных дверей	$R_{o,ок1}^{np}$			
	– витражей	$R_{o,ок2}^{np}$			
	– фонарей	$R_{o,ок3}^{np}$			
	– окон лестнично-лифтовых узлов	$R_{o,ок4}^{np}$			
	– балконных дверей наружных переходов	$R_{o,дв}^{np}$			
	– входных дверей и ворот (раздельно)	$R_{o,дв}^{np}$			
	– покрытий (совмещенных)	$R_{o,покр}^{np}$			
	– чердачных перекрытий	$R_{o,черд}^{np}$			
	– перекрытий «теплых» чердаков (эквивалентное)	$R_{o,черд.т}^{np}$			
	– перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентное)	$R_{o,мок.1}^{np}$			
	– перекрытий над проездами или под эркерами	$R_{o,мок.2}^{np}$			
	– стен в земле и пола по грунту (раздельно)	$R_{o,мок.3}^{np}$			

#### 5. Показатели вспомогательные

№	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
17	Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_{общ}$ , Вт/(м <sup>2</sup> •°С)		
18	Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_{в}$ , ч <sup>-1</sup>		
19	Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{быт}$ , Вт/м <sup>2</sup>	-	
20	Тарифная цена тепловой энергии для проектируемого здания	$C_{тепл}$ , руб./кВт ч		
21	Удельная цена отопительного оборудования и присоединение к источнику теплоснабжения (подключения к тепловой сети) в районе строительства	$C_{от}$ , руб/(кВт ч/год)		
22	Удельная прибыль от экономии энергетической единицы	$\Omega_{пр}$ , руб./(кВт·ч/год)	-	

## 6. Удельные характеристики

№	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
23	Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°C)		
24	Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°C)		
25	Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{быт}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°C)		
26	Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°C)		

## 7. Коэффициенты

	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя
27	Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	$\zeta$	
28	Коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	$\xi$	
29	Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{эф}$	
30	Коэффициент, учитывающий снижение использования теплопоступлений в период превышения их над теплопотерями	$\nu$	
31	Коэффициент учета дополнительных теплопотерь системы отопления	$\beta_h$	

## 8. Комплексные показатели энергоэффективности

	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя
35	Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^p$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°C) [Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)]	
36	Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^{mp}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°C) [Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)]	
37	Класс энергетической эффективности		
38	Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите		

## 9. Энергетические нагрузки здания

№	Показатель	Обозначения	Единица измерений	Величина
39	Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q$	кВт ч/(м <sup>3</sup> ·год) кВт ч/(м <sup>2</sup> ·год)	
40	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$Q_{от}^{зод}$	кВт ч/(год)	
41	Общие теплопотери здания за отопительный период	$Q_{общ}^{зод}$	кВт ч/(год)	



## РАСЧЕТ ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ФРАГМЕНТА ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ЗДАНИЯ ИЛИ ЛЮБОЙ ВЫДЕЛЕННОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

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

**Е.1** Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания  $R_o^{np}$ ,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , следует определять по формуле:

$$R_o^{np} = \frac{l}{\frac{l}{R_o^{усл}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{l}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} \quad (\text{E.1})$$

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

$l_j$  – протяженность линейной неоднородности  $j$ -ого вида, приходящаяся на 1 квадратный метр фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м}/\text{м}^2$ ;

$\Psi_j$  – удельные потери теплоты через линейную неоднородность  $j$ -ого вида,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ ;

$n_k$  – количество точечных неоднородностей  $k$ -ого вида, приходящихся на 1 квадратный метр фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, шт/ $\text{м}^2$ ;

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

$a_i$  – площадь плоского элемента конструкции  $i$  – го вида, приходящаяся на 1 квадратный метр фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ ;

$$a_i = \frac{A_i}{\sum A_i} \quad (\text{E.2})$$

где  $A_i$  – площадь  $i$ -ой части фрагмента,  $\text{м}^2$ ;

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

$$U_i = \frac{l}{R_{o,i}^{усл}} \quad (\text{E.3})$$

**Е.2** Коэффициент теплотехнической однородности,  $r$ , вспомогательная величина, характеризующая эффективность утепления конструкции, определяется по формуле:

$$r = \frac{R_o^{np}}{R_o^{усл}} \quad (\text{E.4})$$

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

$$R_o^{усл} = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{усл}}} = \frac{l}{\sum a_i U_i} \quad (\text{E.5})$$

$R_{o,i}^{усл}$  – условное сопротивление теплопередаче однородной части фрагмента теплоза-

щитной оболочки здания  $i$ -го вида,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , которое определяется либо экспериментально либо расчетом по формуле:

$$R_{o,i}^{ycl} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_n} \quad (\text{E.6})$$

где  $\alpha_e$  - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , принимаемый согласно таблице 4;

$\alpha_n$  - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , принимаемый согласно таблице 6;

$R_s$  - термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ , определяемое для неветилируемых воздушных прослоек по таблице Е.1, для материальных слоев по формуле:

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s} \quad (\text{E.7})$$

$\delta_s$  - толщина слоя, м;

$\lambda_s$  - теплопроводность материала слоя,  $\text{Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$ , принимаемая по Своду Правил 23-101.

**Е.3** Удельные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность определяются по результатам расчета двухмерного температурного поля узла конструкций при температуре внутреннего воздуха  $t_e$  и температуре наружного воздуха  $t_n$ .

$$\Psi_j = \frac{\Delta Q_j^L}{t_e - t_n} \quad (\text{E.8})$$

где  $t_e$  - расчетная температура внутреннего воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_n$  - расчетная температура наружного воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta Q_j^L$  - дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность  $j$ -го вида, приходящиеся на один погонный метр,  $\text{Вт}/\text{м}$ , определяемые по формуле:

$$\Delta Q_j^L = Q_j^L - Q_{j,1} - Q_{j,2} \quad (\text{E.9})$$

где  $Q_j^L$  - потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью  $j$ -го вида, приходящиеся на один погонный метр стыка, являющиеся результатом расчета температурного поля,  $\text{Вт}/\text{м}$ ;

$Q_{j,1}$ ,  $Q_{j,2}$  - потери теплоты через участки однородных частей фрагмента, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля области с линейной теплотехнической неоднородностью  $j$ -го вида,  $\text{Вт}/\text{м}$ , определяемые по формулам:

$$Q_{j,1} = \frac{t_e - t_n}{R_{o,j,1} \cdot IM} \cdot S_{j,1} \quad Q_{j,2} = \frac{t_e - t_n}{R_{o,j,2} \cdot IM} \cdot S_{j,2} \quad (\text{E.10})$$

где  $S_{j,1}$ ,  $S_{j,2}$  - площади однородных частей конструкции, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля,  $\text{м}^2$ ;

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

$\Psi_j$  - удельные линейные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность  $j$ -го вида,  $\text{Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$ .

**Е.4** Удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида, определяются по результатам расчета трехмерного температурного поля участка конструкции, содержащего точечную теплотехническую неоднородность по формуле :

$$\chi_k = \frac{\Delta Q_k^K}{t_e - t_n} \quad (\text{E.11})$$

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

$\Delta Q_k^K$  – дополнительные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида, Вт, определяемые по формуле:

$$\Delta Q_k^K = Q_k - \tilde{Q}_k \quad (E.12)$$

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

$\tilde{Q}_k$  – потери теплоты через тот же узел, не содержащий точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт;

**Е.5** Результатом расчета температурного поля узла конструкции является распределение температур в сечении узла, в том числе по внутренней и наружной поверхности.

Поток теплоты через внутреннюю поверхность узла определяется по формуле:

$$Q_в = \alpha_в \cdot S_в \cdot (t_в - \tau_в^{cp}) \quad (E.13)$$

Поток теплоты через наружную поверхность узла определяется по формуле:

$$Q_н = \alpha_н \cdot S_н \cdot (t_н - \tau_н^{cp}) \quad (E.14)$$

$t_в, t_н$  расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха соответственно, °С;

$\tau_в^{cp}, \tau_н^{cp}$  – осредненные по площади температуры внутренней и наружной поверхностей узла ограждающей конструкции соответственно, °С;

$\alpha_в, \alpha_н$  – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей узла конструкции соответственно, Вт/(м<sup>2</sup>°С);

$S_в, S_н$  площади внутренней и наружной поверхностей узла ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>.

Таблица Е.1

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, м <sup>2</sup> · °С/Вт			
	горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикальной		горизонтальной при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2-0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

П р и м е ч а н и е. При оклейке одной или обеих поверхностей воздушной прослойки алюминиевой фольгой термическое сопротивление следует увеличивать в 2 раза.

**Е.6** Описание расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции должен содержать следующие части:

1. Четкое наименование конструкции и указание места занимаемого ею в оболочке здания.
2. Перечисление всех элементов составляющих конструкцию.  
Для каждого из перечисленных элементов представить:
3. Удельную геометрическую характеристику элемента ( $s, l$  или  $n$ ).
4. Схему или чертеж, позволяющие понять состав и устройство элемента.

5. Температурное поле узла содержащего элемент.
6. Принятые в расчете температурного поля температуры наружного и внутреннего воздуха, а также геометрические размеры узла конструкции, включенного в расчетную область.
7. Минимальную температуру на внутренней поверхности конструкции и поток теплоты через узел полученные в результате расчетов.
8. Удельные потери теплоты через элемент.
9. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче по формуле (Е.1).
10. Таблицу с геометрическими и теплозащитными характеристиками элементов, а также промежуточными данными расчетов. Форма приведена в таблице Е.2.

Таблица Е.2

Элемент конструкции	*	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля от общего потока теплоты через фрагмент, %
Название элемента	плоский	$a_i = \text{м}^2/\text{м}^2$	$U_i = \text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$	$U_i a_i = \text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$	
...		...	...	...	...
Название элемента		$a_i = \text{м}^2/\text{м}^2$	$U_i = \text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$	$U_i a_i = \text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$	
Название элемента	линейный	$l_i = \text{м}/\text{м}^2$	$\Psi_i = \text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$	$\Psi_i l_i = \text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$	
...		...	...	...	...
Название элемента		$l_j = \text{м}/\text{м}^2$	$\Psi_j = \text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$	$\Psi_j l_j = \text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$	
Название элемента	точечный	$n_i = 1/\text{м}^2$	$\chi_i = \text{Вт}/\text{°C}$	$\chi_i n_i = \text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$	
...		...	...	...	...
Название элемента		$n_k = 1/\text{м}^2$	$\chi_k = \text{Вт}/\text{°C}$	$\chi_k n_k = \text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$	
Итого				$1/R^{np} = \text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$	100 %

Столбец \* может не приводиться.

**Е.7** Приведенное сопротивление теплопередаче полов,  $R_{o,пол}$ ,  $\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}$ , определяется в следующей последовательности:

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

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

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

$$R_{o,пол} = R_n + \delta / \lambda_n \quad (\text{Е.15})$$

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

$$R_{o,пол} = 1,18(R_n + \delta / \lambda_n) \quad (\text{Е.16})$$

Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента стены представлен в приложении Н.

## РАСЧЕТ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЯ

**Ж.1** Удельная теплозащитная характеристика здания,  $k_{об}$ , рассчитывается по формуле:

$$k_{об} = \frac{I}{V_{ом}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right) = K_{комп} \cdot K_{общ} \quad (Ж.1)$$

где  $R_{o,i}^{np}$  - приведенное сопротивление теплопередаче  $i$ -го фрагмента теплозащитной оболочки здания,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ;

$A_{\phi,i}$  - площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания,  $m^2$ ;

$V_{ом}$  - отапливаемый объем здания,  $m^3$ ;

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

$K_{общ}$  - общий коэффициент теплопередачи здания,  $Вт / (m^2 \cdot ^\circ C)$ , определяемый по формуле:

$$K_{общ} = \frac{I}{A_n^{сум}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right) \quad (Ж.2)$$

$K_{комп}$  - коэффициент компактности здания,  $m^{-1}$ , определяемый по формуле:

$$K_{комп} = \frac{A_n^{сум}}{V_{ом}} \quad (Ж.3)$$

$A_n^{сум}$  - сумма площадей (по внутреннему обмеру всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания,  $m^2$ ).

Совокупность фрагментов теплозащитной оболочки здания, характеристики которых используются в формуле (Ж.1) должна полностью замыкать оболочку отапливаемой части здания.

**Ж.2** Удельная теплозащитная характеристика может быть найдена непосредственно через характеристики элементов составляющих все конструкции оболочки здания.

$$k_{об} = \frac{I}{V_{ом}} \left[ \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{учл}} \right) + \sum n_{t,j} L_j \Psi_j + \sum n_{t,k} N_k \chi_k \right] \quad (Ж.4)$$

где  $R_{o,i}^{учл}$ ,  $\Psi_j$ ,  $\chi_k$  - принимаются по Приложению Е;

$L_j$  - суммарная протяженность линейной неоднородности  $j$ -ого вида по всей оболочке здания, м;

$N_k$  - суммарное количество точечных неоднородностей  $k$ -ого вида по всей оболочке здания, шт.

**Ж.3** Расчет удельной теплозащитной характеристики здания оформляется в виде таблицы, которая должна содержать следующие сведения:

1. Наименование каждого фрагмента составляющего оболочку здания.
2. Площадь каждого фрагмента.
3. Приведенное сопротивление теплопередаче каждого фрагмента со ссылкой на расчет согласно Приложению Е.
4. Коэффициент учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у фрагмента конструкции от принятых в расчете ГСОП

Форма таблицы представлена в таблице Ж.1.

Таблица Ж.1

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

**Ж.4** Контроль соответствия удельной теплозащитной характеристики здания требованиям п.п. 5.5. возлагается на стадии разработки проектной документации на органы экспертизы проектной продукции.

Пример расчета удельной теплозащитной характеристики здания представлен в приложении О.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(справочное)

Таблица — Коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции

№ п.п.	Материал наружной поверхности ограждающей конструкции	Коэффициент поглощения солнечной радиации $\rho$
1	Алюминий	0,5
2	Асбестоцементные листы	0,65
3	Асфальтобетон	0,9
4	Бетоны	0,7
5	Дерево неокрашенное	0,6
6	Защитный слой рулонной кровли из светлого гравия	0,65
7	Кирпич глиняный красный	0,7
8	Кирпич силикатный	0,6
9	Облицовка природным камнем белым	0,45
10	Окраска силикатная темно-серая	0,7
11	Окраска известковая белая	0,3
12	Плитка облицовочная керамическая	0,8
13	Плитка облицовочная стеклянная синяя	0,6
14	Плитка облицовочная белая или палевая	0,45
15	Рубероид с песчаной посыпкой	0,9
16	Сталь листовая, окрашенная белой краской	0,45
17	Сталь листовая, окрашенная темно-красной краской	0,8
18	Сталь листовая, окрашенная зеленой краской	0,6
19	Сталь кровельная оцинкованная	0,65
20	Стекло облицовочное	0,7
21	Штукатурка известковая темно-серая или терракотовая	0,7
22	Штукатурка цементная светло-голубая	0,3
23	Штукатурка цементная темно-зеленая	0,6
24	Штукатурка цементная кремовая	0,4

## ОПТИМИЗАЦИЯ ОБОЛОЧКИ ЗДАНИЯ ПО ОКУПАЕМОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Экономическая оптимизация оболочки здания основана на сравнении альтернативных вариантов конструкций.

Методика содержит три уровня оптимизации:

- 1) Выбор оптимальных теплозащитных характеристик отдельных элементов конструкции из условия окупаемости энергосбережения.
- 2) Сравнение конструкций с различной базой по эффективности энергосбережения.
- 3) Гармонизация отдельных конструкций и оболочки здания в целом.

### **Выбор оптимальных теплозащитных характеристик отдельных элементов**

Данная методика заключается в поиске минимума приведенных затрат. Минимум ищется не дифференцированием, так как функция разрывная, а путем специально организованного перебора вариантов конструкции. В методике учтена зависимость потерь теплоты через ограждающую конструкцию от многих переменных (характеристик элементов введенных в Приложении Е).

В соответствии с Приложением Ж в качестве теплозащитных характеристик элементов используются условное сопротивление теплопередаче (для плоских элементов) и удельные потери теплоты через неоднородности (для линейных и точечных элементов).

**И.1** По экономическим и климатическим параметрам района строительства находится *удельная прибыль от экономии энергетической единицы*<sup>1</sup>,  $\Omega_{пр}$ , соответствующая проекту здания.

$$\Omega_{пр} = C_{тепл} \cdot m_{кл} \cdot Z_{ок} + C_{от} \cdot m_{кл} \quad (И.1)$$

где  $C_{тепл}$  – тарифная цена тепловой энергии в районе строительства проектируемого здания, руб./кВт ч;

$C_{от}$  – удельная цена отопительного оборудования и подключения к тепловой сети в районе строительства проектируемого здания, руб./(кВт ч/год);

$m_{кл}$  – климатический коэффициент, района строительства, определяемый по формуле:

$$m_{кл} = \frac{ГСОП}{ГСОП(Э)} \quad (И.2)$$

где ГСОП – значение градусо-суток отопительного периода для района строительства, °С сут/год, определяемое по формуле (5.2);

ГСОП(Э) – эталонное значение градусо-суток отопительного периода, °С сут/год, принимаемое равным 1000 °С сут/год.

$Z_{ок}$  – срок окупаемости определяемый как половина срока службы элемента до замены или ремонта, но не более 12 лет.

Требуемый класс теплозащитной эффективности здания назначается из Таблицы И.1 по удельной прибыли от экономии энергетической единицы.

Таблица И.1

Классы теплозащитной эффективности элементов конструкции.

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Границы $\Omega$ , руб./(кВт·ч /год)	$\leq 2$	$2 < \leq 4$	$4 < \leq 8$	$8 < \leq 14$	$14 < \leq 24$	$24 < \leq 40$	$40 < \leq 65$	$65 < \leq 100$	$100 < \leq 160$	$160 < \leq 250$	$250 < \leq 380$	$380 < \leq 570$	$570 < \leq 850$	$850 <$

<sup>1</sup> В качестве энергетической единицы принят 1 кВт ч/год сэкономленной энергии при значении ГСОП = 1000 °С сут/год.



**И.2** Класс теплозащитной эффективности элемента конструкции назначается по *удельным единовременным затратам на экономию энергетической единицы*,  $\Omega_{эл}$ , руб./((кВт·ч /год), из Таблицы И.1.

Удельные единовременные затраты на экономию энергетической единицы элементом конструкции определяются по формулам:

Для плоского элемента (в соответствии с Приложением Е)

$$\Omega_{эл} = - \frac{\Delta K^{ед}}{24 \cdot \left[ \left( \frac{I}{R_{o,2}^{учл}} \right) - \left( \frac{I}{R_{o,1}^{учл}} \right) \right]} \quad (И.3)$$

Для линейного элемента (в соответствии с Приложением Е)

$$\Omega_{эл} = - \frac{\Delta K^{ед}}{24 \cdot [\Psi_2 - \Psi_1]} \quad (И.4)$$

Для точечного элемента (в соответствии с Приложением Е)

$$\Omega_{эл} = - \frac{\Delta K^{ед}}{24 \cdot [\chi_2 - \chi_1]} \quad (И.5)$$

где  $\Delta K^{ед}$  – разница единовременных затрат вариантов 2 и 1 исследуемого элемента, руб. Для плоского элемента единовременные затраты вычисляются на квадратный метр, для линейного элемента – на погонный метр, для точечного элемента – на 1 шт.

Для использования формул (И.3) – (И.5) должен быть составлен ряд из экономически обоснованных вариантов исследуемого элемента, упорядоченный по его теплозащитной характеристике. В формулах варианты 1 и 2 - соседние варианты ряда (т.е. ближайшие по теплозащитной характеристике, экономически обоснованные варианты элемента). Причем вариант 2 дороже варианта 1 и обладает меньшими теплопотерями. Полученная по формулам (И.3) – (И.5)  $\Omega_{эл}$  соответствует варианту 2 элемента.

**И.3** Конструкция должна формироваться таким образом, чтобы классы теплозащитной эффективности всех ее элементов были равны требуемому классу теплозащитной эффективности здания. В случае отсутствия варианта элемента с необходимым классом теплозащитной эффективности следует использовать вариант элемента с ближайшим классом теплозащитной эффективности.

### **Сравнение конструкций с различной базой по эффективности энергосбережения.**

**И.4** Для вариантов конструкции отличающихся по составу элементов или по базовой (не теплозащитной) части конструкции, более выгодным является вариант с меньшими удельными приведенными затратами.

Удельные приведенные затраты на строительство и эксплуатацию конструкции,  $\Pi$ , руб/(м<sup>2</sup>·год), определяются по формуле:

$$\Pi = \frac{K_{кон}^{ед}}{Z_{ок}} + 0,024 \frac{ГСОП}{R_o^{np}} \left( C_{тепл} + \frac{C_{от}}{Z_{ок}} \right) \quad (И.6)$$

где  $K_{кон}^{ед}$  - полные единовременные затраты на производство 1 м<sup>2</sup> конструкции, руб/ м<sup>2</sup>, определяются по формуле:

$$K_{кон}^{ед} = K_0^{ед} + \sum a_i K_i^{ед} + \sum l_j K_j^{ед} + \sum n_k K_k^{ед} \quad (И.7)$$

где  $a_i$ ,  $l_j$  и  $n_k$  – те же, что и в п. 5.6.1;

$K_0^{ед}$  - базовая стоимость 1 м<sup>2</sup> конструкции (наиболее холодный вариант всех элементов конструкции, руб/ м<sup>2</sup>).

### **Гармонизация отдельных конструкций и оболочки здания в целом**

**И.5** Экономически эффективное решение ограждающих конструкций здания возможно выбрать только в конкретных климатических и экономических условиях объекта строительства. Но часть работы по улучшению (гармонизации) конструкций можно провести заранее

на стадии их формирования производителем конструкций, чтобы облегчить дальнейшую работу проектировщика. Для этого вводится определение особого класса конструкций.

При равных теплозащитных свойствах, чем ближе значения удельных единовременных затрат на экономию энергетической единицы отдельных элементов конструкции друг к другу, тем эффективней конструкция.

*Гармонично утепленной* называется ограждающая конструкция, все элементы которой относятся к одному классу теплозащитной эффективности. Этот же класс энергетической эффективности является характеристикой и всей конструкции.

*Гармонично утепленной* называется оболочка здания, состоящая из гармонично утепленных ограждающих конструкций одного класса. Этот же класс теплозащитной эффективности является характеристикой и всей оболочки здания.

Производителям отдельных строительных конструкций следует проводить анализ своего модельного ряда с целью составлять его из гармонично утепленных конструкций. Такие конструкции должны сопровождаться пометкой указывающей на их гармоничность и классом теплозащитной эффективности. При выборе проектных решений предпочтение должно отдаваться гармонично утепленным конструкциям и оболочкам здания, как наиболее экономически эффективным.

Пример оптимизации оболочки здания по окупаемости энергосберегающих мероприятий. представлен в приложении П.

## РАСЧЕТ ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

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

**К.1** Сопротивление теплопередаче центральной части стеклопакета принимается по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории. В случае отсутствия данных испытаний допускается принимать значения сопротивления теплопередаче центральной части стеклопакета по таблице К1.

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

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

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

**К.3** В случае расчета светопрозрачных конструкций для конкретного здания и наличия данных о способе их монтажа, допускается в расчетах температурных полей для линейных элементов учитывать детали заделки. В частности допускается учитывать в расчетах нахлест утеплителя или внутренней отделки на раму.

В случае расчета светопрозрачных конструкций вне проекта здания (для изделия). Расчет проводится для стандартного стыка со стеной без нахлестов на конструкцию и слоем ППУ отделяющим стену от изделия толщиной не менее 20 мм.

Таблица К1

Сопротивления теплопередаче центральной части стеклопакета (оценочные).

Вид стеклопакета	Сопротивление теплопередаче центральной части стеклопакета, $R_{o.c.пак}$ , (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт		
Однокамерные стеклопакеты			
	Расстояние между стеклами 12 мм	Расстояние между стеклами 16 мм	Расстояние между стеклами 20 мм
из стекла без покрытий с заполнением воздухом	0,34	0,35	0,35
из стекла без покрытий с заполнением аргоном	0,36	0,37	0,37

с одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,59	0,65	0,64
с одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением аргоном	0,76	0,81	0,79
с одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением криптоном	0,86	0,84	0,82
Двухкамерные стеклопакеты			
	Расстояние между стеклами 10 мм и 10 мм	Расстояние между стеклами 14 мм и 14 мм	Расстояние между стеклами 18 мм и 18 мм
из стекла без покрытий с заполнением воздухом	0,46	0,5	0,53
с одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,64	0,78	0,9
с одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением аргоном	0,78	0,95	1,05
с двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,82	1,06	1,27
с двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением аргоном	1,1	1,4	1,55
с двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением криптоном	1,73	1,71	1,67
<p>Промежуточные значения расстояний между стеклами принимаются интерполяцией.</p> <p>Данные в таблице приведены по расчету для средних за отопительный период температурных перепадов.</p> <p><b>Примечания</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не рекомендуется заменять в стеклопакетах воздух инертными газами без использования низкоэмиссионных покрытий, так как это мероприятие практически не дает эффекта.</li> <li>2. Рекомендуется комбинировать стекла с низкоэмиссионным покрытием с заполнением межстекольного пространства инертными газами, так как в этом случае достигается максимальный эффект от каждого мероприятия.</li> </ol>			

## МЕТОДИКА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАВЕСНЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ С ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ВОЗДУШНОЙ ПРОСЛОЙКОЙ

### Л.1 Состав и последовательность расчета.

В настоящем разделе приводится методика теплотехнических расчетов, позволяющая определить параметры теплового и влажностного режима стен с НФС.

Теплотехнический расчет состоит из:

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

### Л.2 В общем виде методика расчета заключается в следующем:

1. Определяется требуемое сопротивление теплопередаче исходя из расчетных климатических характеристик района строительства и расчетных значений температуры проектируемого здания.
2. Определяется предварительная толщина слоя теплоизоляции (п.п. Л.3).
3. Из конструктивных соображений назначается толщина вентилируемой воздушной прослойки.
4. С учетом этажности здания и района строительства определяется скорость движения воздуха в воздушной прослойке (п.п. Л.4).
5. Определяется влажностный режим рассматриваемой конструкции (п.п. Л.5).
6. По результатам п. 5 при необходимости корректируются или добавляются слои пароизоляции и вносятся изменения в облицовочный слой конструкции.
7. Рассчитывается парциальное давление водяного пара на выходе из воздушной прослойки (п.п. Л.6).
8. По результатам п. 7 проверяется возможность выпадения конденсата в воздушной прослойке и при необходимости корректируются толщина воздушной прослойки и зазор между плитками облицовки (п.п. Л.6).
9. Рассчитывается требуемая величина сопротивления воздухопроницанию стены, достаточное чтобы фильтрация воздуха не нарушала теплового и влажностного состояния стены (п.п. Л.7).
10. С учетом всех корректировок конструкции рассчитывается приведенное сопротивление теплопередаче стены (п.п. Л.8).

**Л.3** Определение минимально необходимой толщины утеплителя фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой.

Далее предполагается, что теплозащитные и геометрические характеристики всех элементов стены с НФС известны. В случае отсутствия каких либо данных их следует определять в соответствии с п.п. 5.6.3, 5.6.4.

Толщина теплоизоляционного слоя определяется по формуле:

$$\delta_y = \left( \frac{I}{\frac{I}{R_o^{mp}} - \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} - \frac{\delta_k}{\lambda_k} - \frac{I}{\alpha_e} - \frac{I}{\alpha_n} \right) \cdot \lambda_y \quad (\text{Л.1})$$

$R_o^{mp}$  - требуемое сопротивление теплопередаче стены,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ , определяемое в соответствии с п.п. 5.1.2;

$\delta_y$  - толщина теплоизоляционного слоя, м;

$\lambda_y$  - коэффициент теплопроводности утеплителя,  $\text{Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$ ;

$\delta_k$  - толщина конструкционного слоя, м;

$\lambda_k$  - коэффициент теплопроводности материала конструкционного слоя,  $\text{Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$ ;

$\Psi_j, \chi_k, l_j, n_k$  - тоже, что и в формуле (Е.1).

**Л.4** Определение параметров воздухообмена в воздушной прослойке.

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

$$V_{np} = \sqrt{\frac{K(K_n - K_z)V_n^2 + 0,08h(t_{np} - t_n)}{\sum_i \xi_i}} \quad (\text{Л.2})$$

где  $K_n, K_z$  - аэродинамические коэффициенты на разных стенах здания, по СНиП 2.01.07-85 “Нагрузки и воздействия”;

$V_n$  - скорость движения наружного воздуха, м/с;

$K$  - коэффициент учета изменения скорости потока по высоте по СНиП 2.01.07-85 “Нагрузки и воздействия”;

$h$  - разности высот от входа воздуха в прослойку до его выхода из неё, м;

$t_{np}, t_n$  - средняя температура воздуха в прослойке и температура наружного воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;

$\sum_i \xi_i$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений;

При расположении приточных и вытяжных отверстий воздушной прослойки на одной стороне здания, принимается  $K_n=K_z$  и формула (Л.2) упрощается:

$$V_{np} = \sqrt{\frac{0,08h(t_{np} - t_n)}{\sum_i \xi_i}} \quad (\text{Л.3})$$

В формулах (Л.2) и (Л.3) используется средняя температура воздуха в прослойке  $t_{np}$ , которая в свою очередь зависит от скорости движения воздуха в прослойке.

$$t_{np} = t_0 - (t_0 - t_n) \cdot \frac{x_0}{h} \cdot \left[ 1 - \exp\left(-\frac{h}{x_0}\right) \right] \quad (\text{Л.4})$$

$$\text{где } t_0 = \frac{\frac{t_e}{R_e} + \frac{t_n}{R_n}}{\frac{1}{R_e} + \frac{1}{R_n}} \quad (\text{Л.5})$$

предельная температура воздуха в прослойке,  $^\circ\text{C}$ ;

$$x_0 = \frac{c_e \cdot V_{np} \cdot \delta_{np} \cdot \rho_e}{\frac{I}{R_e} + \frac{I}{R_n}} \quad (\text{Л.6})$$

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

$c_g = 1005$  Дж/(кг·°C) – удельная теплоемкость воздуха;

$\rho_g = 353/(273 + t_{np})$  кг/м<sup>3</sup> – средняя плотность воздуха в прослойке;

$R_n = 1/\alpha_n + 1/\alpha_{np} + R_{об}$  – термическое сопротивление стены от воздушной прослойки до наружного воздуха, м<sup>2</sup>·°C/Вт;

$R_{об}$  – термическое сопротивление облицовочной плитки, м<sup>2</sup>·°C/Вт.

Для расчета в качестве  $R_g$  берется либо требуемое сопротивление теплопередаче из п.п. Л.3, либо приведенное сопротивление теплопередаче стены из п.п. Л.7 (в случае если принятая в проекте толщина утеплителя более чем на 20% отличается от минимально допустимой по п.п. Л.3);

Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_{np}$  равен сумме конвективного и лучистого коэффициентов теплоотдачи  $\alpha_{np} = \alpha_k + 2\alpha_n$

Конвективный коэффициент теплоотдачи определяется по формуле:

$$\alpha_k = 7,34 \cdot (V_{np})^{0,656} + 3,78 \cdot e^{-1,91 \cdot V_{np}} \quad (Л.7)$$

Лучистый коэффициент теплоотдачи определяется по формуле:

$$\alpha_n = \frac{m}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}} \quad (Л.8)$$

где  $C_0$  – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>), равный 5,77;

$C_1, C_2$  – коэффициент излучения поверхностей, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>), в случае отсутствия данных по применяемым материалам, принимаются равными 4,4 для минеральной ваты, 5,3 для неметаллической облицовки, 0,5 для облицовки полированным (со стороны прослойки) металлом;

$m$  – температурный коэффициент, который определяется по формуле:

$$m = 0,04 \cdot \left( \frac{273 + t_{np}}{100} \right)^3 \quad (Л.9)$$

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

Температура и скорость движения воздуха в прослойке находятся методом итераций: по формуле (Л.4) определяется средняя температура воздуха в прослойке с коэффициентом теплообмена в прослойке  $\alpha_{np}$ , затем по формуле (Л.2) или (Л.3) определяется средняя скорость движения воздуха в прослойке при полученной температуре, пересчитывается коэффициент теплообмена в прослойке, пересчитывается  $R_n$ , по формуле (Л.4) определяется средняя температура воздуха в прослойке для скорости движения воздуха в прослойке, полученной на предыдущем шаге и т.д. На первом шаге средняя скорость движения воздуха в прослойке принимается равной 0 м/с. Шаги итерации продолжаются пока разница между скоростями воздуха на соседних шагах не станет меньше 5%.

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

**Л.5** Расчет влажностного режима наружных стен с НФС с вентилируемой воздушной прослойкой.

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

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

По результатам расчета устанавливают соблюдение двух требований к конструкции.

Максимальная влажность утеплителя не должна превышать критической величины, которую принимают равной сумме  $w_B$  – расчетной влажности материала для условий эксплуатации Б по Техническому Свидетельству Госстроя России на применяемый утеплитель (далее ТС) и  $\Delta w_{cp}$  – предельно допустимого приращения влажности материала по табл. 14\* СНиП II-3-79\* (для минеральной ваты - 3%).

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

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

Дополнительным результатом расчета нестационарного влажностного режима является величина потока водяного пара из конструкции в воздушную прослойку  $q''_e$  (мг/(ч·м<sup>2</sup>)) в наиболее холодный месяц.

**Л.6** Расчет влажности воздуха на выходе из вентилируемой воздушной прослойки.

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

$$e_{np} = e_1 - (e_1 - e_n) \cdot \exp\left(-\frac{h}{x_1}\right) \quad (\text{Л.10})$$

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

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

$$x_1 = 22100 \cdot \frac{V_{np} \cdot \delta_{np} \cdot \gamma_e \cdot R_{эк}^n}{k \cdot R_{эк}^n + 1} - \text{условная высота, на которой парциальное давление водяного}$$

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

$e_n$  – парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па;

$R_{эк}^n$  – сопротивление паропроницанию облицовки фасада, м<sup>2</sup>·ч·Па/мг;

$k$  – коэффициент определяемый по формуле  $k = \frac{q''_e}{e_e - E_n}$ , мг/(м<sup>2</sup>·ч·Па);

$q''_e$  – удельный поток пара из конструкции в воздушную прослойку, мг/(м<sup>2</sup>·ч), определяется по результатам п.п. Л.5.

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

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

**Л.7** Расчет требуемой величины сопротивления воздухопроницанию стены с НФС с вентилируемой воздушной прослойкой..

Требуемая воздухопроницаемость  $G^{mp}$  стены с облицовкой на отnose, кг/(м<sup>2</sup>·ч), определяется по формуле:



$$G^{mp} = \frac{\Gamma}{6,14 \cdot R_0^n} \quad (\text{Л.11})$$

где  $\Gamma$  – параметр получаемый из табл. Л.1;  
 $R_0^n$  – полное сопротивление паропроницанию стены,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$ .

Таблица Л.1.

Значения параметра  $\Gamma$ , для различных значений параметров  $D$  и  $\kappa$ .

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

Параметр  $D$  определяется по формуле:

$$D = \frac{E_y - e_n}{e_s - e_n} \quad (\text{Л.12})$$

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

Параметр  $\kappa$  определяется по формуле:

$$\kappa = \frac{R_n^n}{R_0^n} \quad (\text{Л.13})$$

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

$$R_n^n = R_{ем}^n + \frac{l}{\frac{l}{R_{об}^n} + \frac{28573}{1 + \frac{t_{np}}{273}} \cdot \frac{\delta_{np}}{h} \cdot V_{np}} \quad (\text{Л.14})$$

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

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

**Л.8** Для конструкции после всех корректировок уточняется приведенное сопротивление теплопередаче.

Приведенное сопротивление теплопередаче рассчитывается по формуле (5.9).

**СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРПРОНИЦАНИЮ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТОНКИХ СЛОЕВ ПАРОИЗОЛЯЦИИ**

№ п.п.	Материал	Толщина слоя, мм	Сопротивление паропрооницанию $R_{vp}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$
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-волоконистые жесткие	10	0,11
5	Листы древесно-волоконистые 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

**ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ  
ФАСАДА ЖИЛОГО ЗДАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСЧЕТОВ  
ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ**

**Н.1** Описание конструкции выбранной для расчета.

Стена с теплоизоляционной фасадной системой с тонким штукатурным слоем. Фасадная система монтируется на стену здания выполненного с каркасом из монолитного железобетона. Наружные стены выполняются из кирпичной кладки из полнотелого кирпича толщиной 250 мм (в один кирпич). Толщина теплоизоляционного слоя фасада из каменной ваты составляет 150 мм. Высота этажа от пола до пола 3300 мм. Толщина железобетонного перекрытия 200 мм. Под перекрытием проходит железобетонный ригель высотой 400 мм. Вертикальный разрез стены с фасадом и с оконными проемами схематично представлен на рис. Н.1. Состав стены (изнутри наружу) представлен в таблице Н.1:

Таблица Н.1.

Материал слоя	$\delta$ , мм	$\lambda$ , Вт/(м <sup>0</sup> С)
внутренняя штукатурка	20	0,93
кладка из полнотелого кирпича или монолитный железобетон	250	0,81
минераловатные плиты	150	2,04
наружная штукатурка	6	-

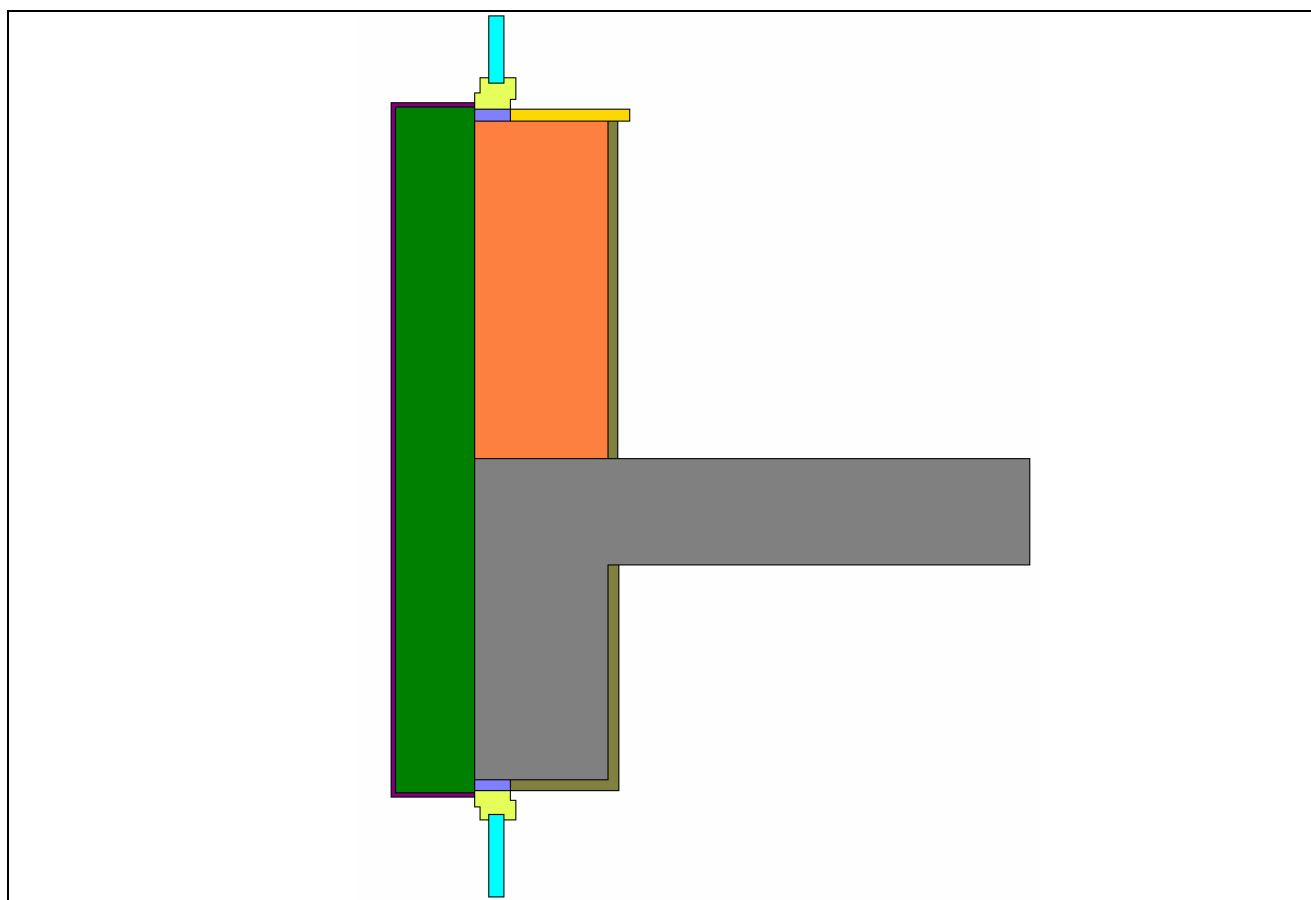


Рис. Н.1. Схематическое изображение вертикального разреза стены с теплоизоляционным фасадом в зоне расположения светопроемов с оконными блоками.

## Н.2 Перечисление элементов составляющих ограждающую конструкцию.

- железобетонный ригель с участком перекрытия, утепленный слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки – плоский элемент 1;
- кирпичная кладка, утепленная слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки – плоский элемент 2;
- оконный откос, образованный железобетонным ригелем утепленным слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки – линейный элемент 1;
- оконный откос, образованный кирпичной кладкой утепленной слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки – линейный элемент 2;
- дюбель со стальным сердечником прикрепляющий слой минераловатной плиты к железобетонному ригелю – точечный элемент 1;
- дюбель со стальным сердечником прикрепляющий слой минераловатной плиты к кирпичной кладке – точечный элемент 2.

Таким образом, в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции два вида плоских, два вида линейных и два вида точечных элементов.

## Н.3 Геометрические характеристики проекций элементов.

Весь фасад здания, включая светопроемы, имеет общую площадь  $2740 \text{ м}^2$ . Фасад содержит следующие светопроемы:  $2400 \times 2000 \text{ мм}$  80 шт,  $1200 \times 2000 \text{ мм}$  80 шт,  $1200 \times 1200 \text{ мм}$  24 шт. Суммарная площадь светопроемов  $611 \text{ м}^2$ .

- площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции для расчета  $R_o^{np}$  составляет:  $A = 2740 - 611 = 2129 \text{ м}^2$ .

- суммарная протяженность торцов перекрытий, а также ригелей на фасаде составляет 822 м. Таким образом, площадь стены с основанием из монолитного железобетона (т.е. площадь проекции на поверхность фрагмента) составляет:  $A_1 = 822 \cdot (0,2 + 0,4) = 493 \text{ м}^2$ . Доля этой площади от общей площади фрагмента ограждающей конструкции равна  $a_1 = \frac{493}{2129} = 0,232$ .

- площадь стены с основанием из кирпичной кладки:  $A_2 = 2129 - 493 = 1636 \text{ м}^2$ . Доля этой площади от общей площади фрагмента ограждающей конструкции равна  $a_2 = \frac{1636}{2129} = 0,768$ .

- общая длина проекции оконного откоса, образованного железобетонным ригелем утепленным слоем минераловатной плиты, определяется по экспликации оконных проемов и равна:  $L_1 = 2,4 \cdot 80 + 1,2 \cdot 80 + 1,2 \cdot 24 = 317 \text{ м}$ . Длина проекции этих откосов, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  площади фрагмента равна  $l_1 = \frac{317}{2129} = 0,149 \text{ м}^{-1}$ .

- общая длина проекции оконного откоса, образованного кирпичной кладкой, утепленной слоем минераловатной плиты, определяется по экспликации оконных проемов и равна:  $L_2 = (2,4 + 2 \cdot 2,0) \cdot 80 + (1,2 + 2 \cdot 2,0) \cdot 80 + (1,2 + 2 \cdot 1,2) \cdot 24 = 1014 \text{ м}$ . Длина проекции этих откосов, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  площади фрагмента равна  $l_2 = \frac{1014}{2129} = 0,476 \text{ м}^{-1}$ .

- общее количество тарельчатых дюбелей на железобетонном ригеле и торце перекрытия равно 3944 штуки. Количество таких дюбелей, приходящихся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента равно:  $n_1 = \frac{3944}{2129} = 1,85 \text{ м}^{-2}$ .

- общее количество тарельчатых дюбелей на кирпичной кладке равно 13088 штук. Количество таких дюбелей, приходящихся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента равно:  $n_1 = \frac{13088}{2129} = 6,15 \text{ м}^{-2}$ .

## Н.4 Расчет удельных потерь теплоты, обусловленных элементами.

Все температурные поля рассчитываются для температуры наружного воздуха  $-28 \text{ }^\circ\text{C}$  и температуры внутреннего воздуха  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Для плоского элемента 1 удельные потери теплоты определяются по формулам (5.13), (5.11):

$$R_{o,1}^{ycl} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,25}{2,04} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{1}{23} = 3,64 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт,}$$

$$U_1 = \frac{1}{R_{o,1}^{ycl}} = \frac{1}{3,64} = 0,275 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

Для плоского элемента 2 удельные потери теплоты определяются аналогично:

$$R_{o,2}^{ycl} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{1}{23} = 3,82 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт,}$$

$$U_2 = \frac{1}{R_{o,2}^{ycl}} = \frac{1}{3,82} = 0,262 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

Для линейного элемента 1 рассчитывается температурное поле узла конструкции содержащего элемент. Определяется величина  $Q_1^L$ , Вт/м, - потери теплоты через участок фрагмента с данным линейным элементом, приходящиеся на один погонный метр.

Двумерное температурное поле представлено на рис. Н.2.

Расчетный участок имеет размеры 426×800 мм. Площадь стены, вошедшей в расчетный участок,  $S_{l,1} = 0,532 \text{ м}^2$ .

Потери теплоты через стену с оконным откосом, вошедшую в участок, по результатам расчета температурного поля равны  $Q_1^L = 12,0 \text{ Вт/м}$ .

Потери теплоты через участок однородной стены той же площади определяются по формуле (5.18):

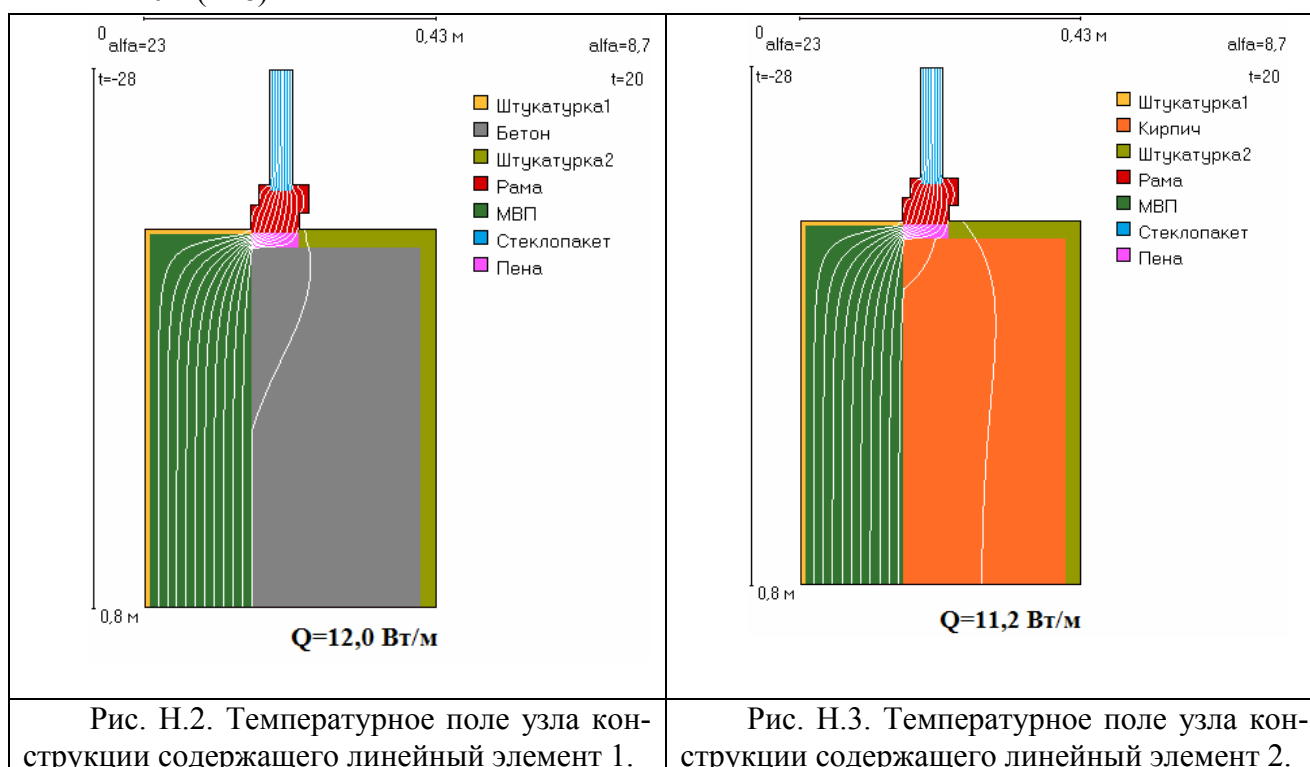
$$Q_{1,1} = \frac{20 - (-28)}{3,64} \cdot 0,532 = 7,0 \text{ Вт/м.}$$

Дополнительные потери теплоты через линейный элемент 1 составляют:

$$\Delta Q_1^L = 12,0 - 7,0 = 5,0 \text{ Вт/м.}$$

Удельные линейные потери теплоты через линейный элемент 1 определяются по формуле (5.16):

$$\Psi_1 = \frac{5}{20 - (-28)} = 0,104 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$



Расчеты удельных характеристик других элементов проводятся аналогично и сведены в табл. Н.2.

Таблица Н.2

Элемент фрагмента	Потери теплоты через участок однородной стены	Потери теплоты через неоднородный участок	Удельные потери теплоты	Удельный геометрический показатель
Линейный элемент 1 (рис. Н.2)	$Q_{1,l} = 7,0$ Вт/м	$Q_1^L = 12,0$ Вт/(м <sup>2</sup> °С)	$\Psi_1 = 0,104$ Вт/(м °С)	$l_1 = 0,149$ м/м <sup>2</sup>
Линейный элемент 2 (рис. Н.3)	$Q_{2,l} = 6,7$ Вт/м	$Q_2^L = 11,2$ Вт/м	$\Psi_2 = 0,094$ Вт/(м °С)	$l_2 = 0,476$ м/м <sup>2</sup>
Точечный элемент 1 (рис. Н.4)	$\tilde{Q}_1 = 1,65$ Вт	$Q_1 = 1,9$ Вт	$\chi_1 = 0,0052$ Вт/°С	$n_1 = 1,85$ м/м <sup>2</sup>
Точечный элемент 2 (рис. Н.5)	$\tilde{Q}_1 = 1,57$ Вт	$Q_1 = 1,8$ Вт	$\chi_2 = 0,0048$ Вт/°С	$n_2 = 6,15$ м/м <sup>2</sup>

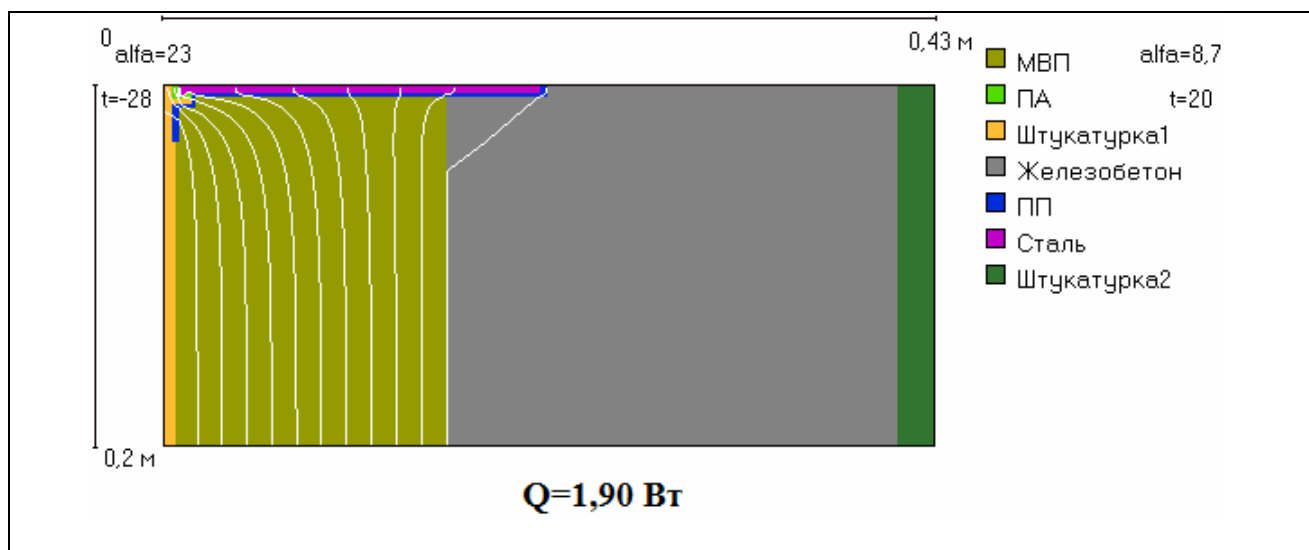


Рис. Н.4. Температурное поле узла конструкции содержащего точечный элемент 1.

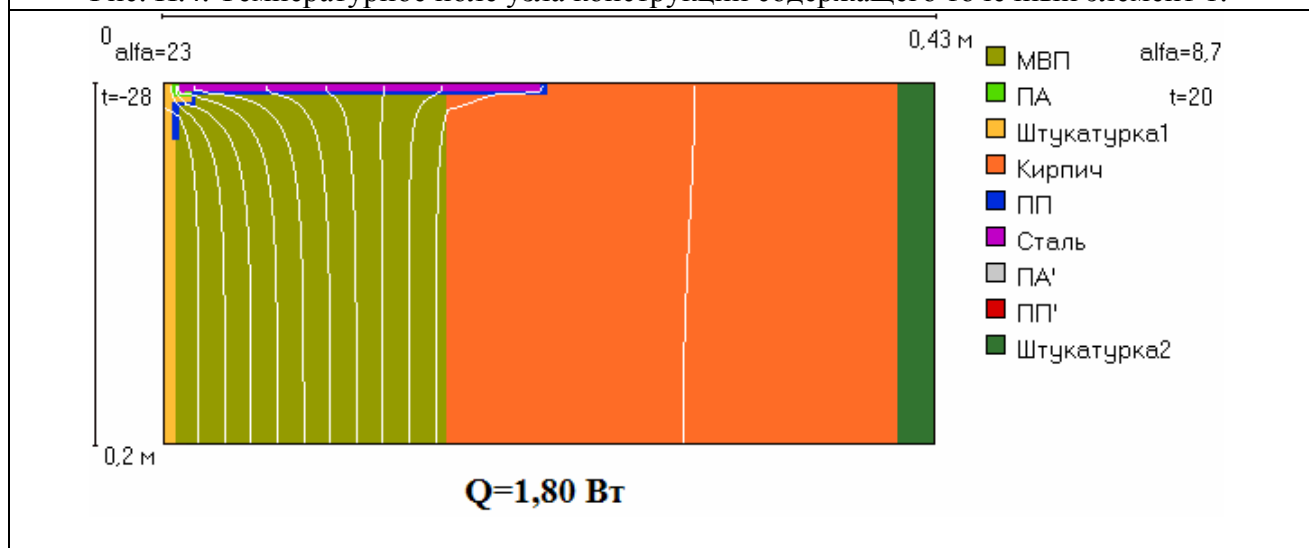


Рис. Н.5. Температурное поле узла конструкции содержащего точечный элемент 2.

Таким образом, определены все удельные потери теплоты, обусловленные всеми элементами в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции.

**Н.5** Расчет приведенного сопротивления теплопередаче стены.

Данные расчетов, сведены в табл. Н.3.

Таблица Н.3

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля от общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	$a_1 = 0,232 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_1 = 0,275 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	$U_1 a_1 = 0,0638 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	17,5
Плоский элемент 2	$a_2 = 0,768 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_2 = 0,262 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	$U_2 a_2 = 0,201 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	55,2
Линейный элемент 1	$l_1 = 0,149 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_1 = 0,104 \text{ Вт}/(\text{м} \text{ } ^\circ\text{C})$	$\Psi_1 l_1 = 0,0155 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	4,26
Линейный элемент 2	$l_2 = 0,476 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_2 = 0,094 \text{ Вт}/(\text{м} \text{ } ^\circ\text{C})$	$\Psi_2 l_2 = 0,0447 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	12,3
Точечный элемент 1	$n_1 = 1,85 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_1 = 0,0052 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$\chi_1 n_1 = 0,00962 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	2,64
Точечный элемент 2	$n_2 = 6,15 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_2 = 0,0048 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$\chi_2 n_2 = 0,0295 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	8,10
Итого			$1/R^{np} = 0,364 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции рассчитывается по формуле (5.9).

$$R_o^{np} = \frac{1}{0,0638 + 0,201 + 0,0155 + 0,0447 + 0,00962 + 0,0295} = \frac{1}{0,364} = 2,75 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Коэффициент теплотехнической однородности определенный по формуле (5.12), равен:

$$r = \frac{0,201 + 0,0638}{0,364} = 0,73$$

## ПРИМЕР РАСЧЕТА УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЯ

**О.1** Удельная теплозащитная характеристика рассчитывается для многоэтажного жилого дома расположенного в г. Дубна Московской области.

Климатические параметры района строительства принимаются по СНиП 23-01-99\* для г. Дмитров Московской обл.

Средняя температура отопительного периода  $t_{om} = -3,1$  °С;

Продолжительность отопительного периода  $z_{om} = 216$  сут.

Температура внутреннего воздуха  $t_e = 20$  °С.

На основе климатических характеристик района строительства и микроклимата помещения по формуле (5.2) рассчитывается величина градусо-суток отопительного периода:

$$ГСОП = (t_e - t_{om}) \cdot z_{om} = 23,1 \cdot 216 = 4990 \text{ °С} \cdot \text{сут.}$$

В технических помещениях и лестнично – лифтовые узлы (ЛЛУ) температура внутреннего воздуха отличается от остальных помещений здания. В среднем за отопительный период она составляет  $t_{ЛЛУ} = 18$  °С.

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней температуры ЛЛУ от температуры жилых помещений рассчитанный по формуле (5.3) составляет:

$$n_{ЛЛУ} = \frac{t_{ЛЛУ} - t_{om}}{t_e - t_{om}} = \frac{18 - (-3,1)}{20 - (-3,1)} = 0,913$$

Подвальные помещения не отапливаются, поэтому они не входят в отапливаемый объем здания. В подвале расположен ИТП и разводка труб отопления и водоснабжения. В среднем за отопительный период температура воздуха в подвале составляет  $t_{под} = 8$  °С.

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней температуры подвала от температуры наружного воздуха составляет:

$$n_{под} = \frac{t_e - t_{под}}{t_e - t_{om}} = \frac{20 - 8}{20 - (-3,1)} = 0,519$$

### **О.2** Описание ограждающих конструкций здания.

На исследуемом здании использованы десять различных по своему составу видов ограждающих конструкций:

1. Навесная фасадная система с основанием из керамзитобетона.

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{cm1} = 3,16$  (м<sup>2</sup>·°С)/Вт

Площадь стен данной конструкции составляет:

по основной части здания  $A_{cm1} = 3406$  м<sup>2</sup>

по техническим помещениям и ЛЛУ  $A_{cm1,ЛЛУ} = 503$  м<sup>2</sup>

2. Навесная фасадная система с основанием из железобетона.

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{cm2} = 3,34$  (м<sup>2</sup>·°С)/Вт

Площадь стен данной конструкции составляет:

по основной части здания  $A_{cm2} = 608$  м<sup>2</sup>

по техническим помещениям и ЛЛУ  $A_{cm2,ЛЛУ} = 336$  м<sup>2</sup>

3. Трехслойная стена по кладке из керамзитобетона.

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{cm3} = 3,19$  (м<sup>2</sup>·°С)/Вт

Площадь стен данной конструкции составляет:

по основной части здания  $A_{cm3} = 1783$  м<sup>2</sup>

по техническим помещениям и ЛЛУ  $A_{cm3,ЛЛУ} = 55$  м<sup>2</sup>

4. Трехслойная стена по монолитному железобетону.

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{cm4} = 3,42$  (м<sup>2</sup>·°С)/Вт

Площадь стен данной конструкции составляет:



- по основной части здания  $A_{см4}=447 \text{ м}^2$   
по техническим помещениям и ЛПУ  $A_{см4,ЛПУ}=130 \text{ м}^2$
5. Эксплуатируемая кровля.  
Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{кр1}=5,55 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$   
Площадь кровельного покрытия данной конструкции составляет  $A_{кр1}=1296 \text{ м}^2$
  6. Совмещенное кровельное покрытие.  
Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{кр2}=4,48 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$   
Площадь кровельного покрытия данной конструкции составляет  $A_{кр2}=339 \text{ м}^2$
  7. Перекрытие над подвалом.  
Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{цок1}=1,32 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$   
Площадь перекрытия данной конструкции составляет  $A_{цок1}=1550 \text{ м}^2$
  8. Перекрытие над проездом.  
Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{цок2}=4,86 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$   
Площадь перекрытия данной конструкции составляет  $A_{цок2}=85 \text{ м}^2$
  9. Окна.  
Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{ок}=0,56 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$   
Площадь окон составляет:  
по основной части здания  $A_{ок}=1383 \text{ м}^2$   
по техническим помещениям и ЛПУ  $A_{ок,ЛПУ}=430 \text{ м}^2$
  10. Входные двери.  
Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{дв}=0,83 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$   
Площадь входных дверей составляет  $A_{дв}=64 \text{ м}^2$

Отапливаемый объем здания  $V_{от}=34229 \text{ м}^3$ .

**О.3** Удельная теплозащитная характеристика здания рассчитывается по формуле (5.25):

$$k_{о\delta} = \frac{1}{V_{от}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right) = \frac{1}{34229} \left[ \frac{3406}{3,16} + \frac{608}{3,34} + \frac{1783}{3,19} + \frac{447}{3,42} + \frac{1383}{0,56} + \frac{85}{4,86} + 0,519 \cdot \frac{1550}{1,32} + 0,913 \cdot \left( \frac{503}{3,16} + \frac{336}{3,34} + \frac{55}{3,19} + \frac{130}{3,42} + \frac{430}{0,56} + \frac{1296}{5,55} + \frac{339}{4,48} + \frac{64}{0,83} \right) \right] = \frac{6387}{34229} = 0,187$$

Детали расчета сведены в таблицу О.1

Таблица О.1

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{\phi,i}$ , $\text{м}^2$	$R_{o,i}^{np}$ , $(\text{м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$	$n_{t,i} A_{\phi,i} / R_{o,i}^{np}$ , $\text{Вт/°C}$	%
Навесная фасадная система с основанием из керамзитобетона	1	3406	3,16	1078	16,9
	0,913	503		145	2,3
Навесная фасадная система с основанием из железобетона	1	608	3,34	182	2,8
	0,913	336		92	1,4
Трехслойная стена по кладке из керамзитобетона	1	1783	3,19	559	8,8
	0,913	55		16	0,3
Трехслойная стена	1	447	3,42	131	2,1

по монолитному железобетону	0,913	130		35	0,5
Эксплуатируемая кровля	0,913	1296	5,55	213	3,3
Совмещенное кровельное покрытие	0,913	339	4,48	69	1,1
Перекрытие над подвалом	0,519	1550	1,32	609	9,5
Перекрытие над проездом	1	85	4,86	17	0,3
Окна	1	1383	0,56	2470	38,7
	0,913	430		701	11,0
Входные двери	0,913	64	0,83	70	1,1
Сумма	-	12415	-	6387	100

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется по формуле (5.5)

$$k_{об}^{mp} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{om}}}}{0,00013 \cdot GCOП + 0,61} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{34229}}}{0,00013 \cdot 4990 + 0,61} = \frac{0,214}{1,259} = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$$

Удельная теплозащитная характеристика здания больше нормируемой величины на 10%. Как видно из таблицы О.1 наибольший вклад в тепловые потери здания в данном случае вносят окна, стены, слабо утепленное перекрытие над подвалом. В данном случае наиболее эффективно дорабатывать теплозащитную оболочку здания за счет повышения сопротивления теплопередаче окон. В проекте заменяются окна на имеющие приведенное сопротивление теплопередаче 0,65 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт. Кроме того, доутепляется перекрытие над подвалом, так что приведенное сопротивление теплопередаче конструкции составляет 1,88 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт.

$$k_{об} = \frac{1}{V_{om}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right) = \frac{1}{34229} \left[ \frac{3406}{3,16} + \frac{608}{3,34} + \frac{1783}{3,19} + \frac{447}{3,42} + \frac{1383}{0,65} + \frac{85}{4,86} + 0,519 \cdot \frac{1550}{1,88} + 0,913 \cdot \left( \frac{503}{3,16} + \frac{336}{3,34} + \frac{55}{3,19} + \frac{130}{3,42} + \frac{430}{0,65} + \frac{1296}{5,55} + \frac{339}{4,48} + \frac{64}{0,83} \right) \right] = \frac{5767}{34229} = 0,168$$

Детали расчета сведены в таблицу О.2

Таблица О.2

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{\phi,i}$ , м <sup>2</sup>	$R_{o,i}^{np}$ , (м <sup>2</sup> ·°C)/Вт	$n_{t,i} A_{\phi,i} / R_{o,i}^{np}$ , Вт/°C	%
Навесная фасадная	1	3406	3,16	1078	18,7

система с основанием из керамзитобетона	0,913	503		145	2,5
Навесная фасадная система с основанием из железобетона	1	608	3,34	182	3,2
	0,913	336		92	1,6
Трехслойная стена по кладке из керамзитобетона	1	1783	3,19	559	9,7
	0,913	55		16	0,3
Трехслойная стена по монолитному железобетону	1	447	3,42	131	2,3
	0,913	130		35	0,6
Эксплуатируемая кровля	0,913	1296	5,55	213	3,7
Совмещенное кровельное покрытие	0,913	339	4,48	69	1,2
Перекрытие над подвалом	0,519	1550	1,88	428	7,4
Перекрытие над проездом	1	85	4,86	17	0,3
Окна	1	1383	0,65	2128	36,9
	0,913	430		604	10,5
Входные двери	0,913	64	0,83	70	1,2
Сумма	-	12415	-	5767	100

После доработки теплозащитной оболочки здания удельная теплозащитная характеристика меньше нормируемой величины, оболочка удовлетворяет нормативным требованиям.

Справочно рассчитывается приведенный трансмиссионный коэффициент:

$$K_{\text{общ}} = \frac{k_{\text{об}}}{K_{\text{комп}}} = \frac{0,168}{0,36} = 0,467 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Данный коэффициент не участвует в расчетах и его расчет необязателен.

## ПРОЦЕДУРА РАСЧЕТА И ПРИМЕР ОПТИМИЗАЦИИ ОБОЛОЧКИ ЗДАНИЯ ПО ОКУПАЕМОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

**П.1** Экономическая оптимизация тепловой защиты оболочки здания заключается в последовательном подборе оптимальных ограждающих конструкций составляющих оболочку.

При подборе ограждающей конструкции возможно два случая:

а) вариант конструкции определен и требуется найти лишь оптимальный набор элементов, его составляющий;

б) требуется выбрать из нескольких альтернативных вариантов конструкции.

Далее под альтернативными вариантами конструкции понимаются варианты, отличающиеся друг от друга качественно (либо составом элементов, либо базой конструкции). Под наборами элементов, составляющих вариант конструкции, понимаются конструкции с одинаковой базой и составом элементов, отличающиеся степенью теплозащиты одного или нескольких из элементов. Под базой конструкции понимается набор элементов с минимальной ценой.

Например, штукатурный фасад и стена из трехслойных панелей являются альтернативными вариантами конструкции (стены). Вентилируемый фасад на алюминиевых кронштейнах с толщиной утеплителя 180 мм и вентиляруемый фасад с толщиной утеплителя 140 мм на стальных кронштейнах являются различными наборами элементов одного варианта конструкции, при условии, что основание и облицовка в обоих случаях одинаковая. Базой конструкции для вентиляруемого фасада будет основание без утеплителя с фасадной системой минимальной цены и облицовкой. Для окна базой будет однокамерный стеклопакет минимальной толщины без покрытий и заполнения газами с самой дешевой дистанционной планкой и рамой.

Сравнение альтернативных вариантов конструкции возможно лишь в конкретных климатических и экономических условиях. По возможности такое сравнение следует проводить для оптимальных наборов элементов каждого варианта. Оптимизация варианта конструкции возможна независимо от климатических и экономических условий.

Таким образом, выбор наиболее эффективной ограждающей конструкции следует начинать с оптимизации каждого ее варианта участвующего в сравнении.

### **П.2 Процедура оптимизации отдельного варианта конструкции.**

1. Требуется выделить все элементы<sup>2</sup>, составляющие конструкцию и имеющие несколько вариантов своего решения.

Для каждого элемента проводится вспомогательная работа по упорядочиванию его вариантов.

2. Для каждого из вариантов элемента находится стоимость и теплозащитная характеристика. Наиболее просто это может быть сделано из сравнения тепловых потерь и стоимости конструкции с этим вариантом элемента и без него.

3. Все возможные варианты элемента выстраиваются в ряд, упорядоченный по теплозащитной характеристике.

4. Для вариантов элемента, рассчитываются удельные единовременные затраты на экономию энергетической единицы по формулам (5.31) – (5.33). Из всех возможных вариантов элемента оставляют только экономически целесообразные.

5. По значениям удельных единовременных затрат на экономию энергетической единицы и таблице 14, каждому варианту элемента присваивается класс теплозащитной эффективности.

Примеры рядов экономически обоснованных вариантов отдельных элементов конструкции приведены в таблицах П.1 – П.8.

<sup>2</sup> Элементы понимаются аналогично п. 5.6

После того как действия, описанные в п. 2 – 5, проведены для всех элементов, составляющих конструкцию, проводится ее оптимизация.

6. По формуле (5.29) определяется удельная прибыль от экономии энергетической единицы и требуемый класс теплозащитной эффективности здания.
7. Для всех элементов конструкции выбираются варианты требуемого класса. Если вариантов требуемого класса не существует, или, наоборот, существует несколько, то выбирается вариант элемента с  $\Omega_{эл}$  ближайшей к  $\Omega_{пр}$ .

Полученная с помощью описанной процедуры конструкция позволяет достичь минимума приведенных затрат в данных экономических и климатических условиях для выбранного вида конструкции. Формулы (5.9) и (5.35) позволяют найти приведенное сопротивление теплопередаче и стоимость выбранной конструкции. Примеры такого расчета даны в п. П.6 и П.10.

**П.3** Если требуется выбрать из нескольких альтернативных вариантов конструкции, то для каждого варианта конструкции проводится процедура оптимизации. После этого для оптимального набора элементов каждого варианта конструкции по формуле (5.34) вычисляются удельные приведенные затраты на строительство и эксплуатацию. Вариант конструкции с наименьшими удельными приведенными затратами на строительство и эксплуатацию является наиболее экономически выгодным. Примеры такого расчета даны в п. П.9 и П.13.

Для упрощения работы проектировщика предлагается на стадии разработки конструкции (в технических условиях, техническом свидетельстве, альбоме типовых узлов и т.п.) сформировать ряд оптимальных конструкций, соответствующих различным классам теплозащитной эффективности. Для этого на стадии разработки конструкции выполняются шаги 1 - 5 описанной выше процедуры и по рядам экономически обоснованных вариантов каждого элемента конструкции подбираются наборы элементов, рекомендуемые для каждого класса теплозащитной эффективности.

### ***Пример экономической оптимизации тепловой защиты стен здания***

При проектировании здания возникла необходимость выбрать между двумя альтернативными вариантами стены. Первый вариант – Навесная фасадная система с вентилируемой воздушной прослойкой с основанием из кирпичной кладки. Второй вариант – кладка из ячеистого бетона с облицовкой лицевым кирпичом.

#### Навесная фасадная система с вентилируемой воздушной прослойкой

**П.4** Конструкция состоит из четырех видов элементов: плоского (стена по глади), узла установки кронштейна, выхода балконной плиты, оконного откоса.

#### *Плоский элемент*

Стена по глади имеет базовую стоимость (наиболее холодный вариант всех элементов конструкции) 3200 руб.

Каждые дополнительные 10 мм МВП повышают стоимость конструкции на 70 руб. Коэффициент теплопроводности МВП 0,045. Сопротивление теплопередаче базового варианта (толщина МВП 0 мм)  $0,6 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

Таблица П.1.

Экономические и теплотехнические показатели стены по глади

Толщина МВП, мм	100	110	120	130	140	150	160	180	200	210
$U_{уст}$ , Вт/(м <sup>2</sup> °C)	0,354	0,328	0,306	0,2866	0,2695	0,2542	0,2406	0,2174	0,1982	0,1899
$\Omega_{уст}$ , руб./((кВт·ч /год)	94,1	112	133	151	171	191	214	265	317	351
Класс	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11

#### *Кронштейн*

Доступные варианты кронштейнов приведены в табл. П.2

Таблица П.2.

Кронштейн						
Стоимость, руб/шт	70	85	120	170	240	300
$\chi_{кр}$ , Вт/°С	0,09	0,07	0,055	0,035	0,015	0,007
$\Omega_{кр}$ , руб./(кВт·ч /год)		31,3	97,2	104	146	313
Класс		6	8	9	9	11

На квадратный метр стены приходится 2,7 кронштейна.

#### *Выход балконной плиты*

Доступные варианты узлов приведены в табл. П.3

Таблица П.3.

Балконные плиты						
Стоимость, руб/м	500	600	800	1200	2000	
$\Psi_{бал}$ , Вт/(м°С)	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	
$\Omega_{бал}$ , руб./(кВт·ч /год)		20,8	41,7	167	333	
Класс		5	7	10	11	

На квадратный метр стены приходится 0,12 погонных метра выхода балконной плиты.

#### *Оконный откос*

Доступные варианты узлов приведены в табл. П.4

Таблица П.4.

Оконный откос						
Стоимость, руб/м	100	150	240	390	570	690
$\Psi_{отк}$ , Вт/(м°С)	0,2	0,15	0,1	0,06	0,03	0,017
$\Omega_{отк}$ , руб./(кВт·ч /год)		41,7	75	156	250	385
Класс		7	8	9	10	12

На квадратный метр стены приходится 0,8 погонных метра оконного откоса.

#### Кладка из ячеистого бетона

**П.5** Конструкция состоит из четырех видов элементов: плоского (стена по глади), кладочных швов, выхода плиты перекрытия (балконные плиты сюда включены), оконного откоса.

#### *Плоский элемент*

Стена по глади имеет базовую стоимость (наиболее холодный вариант всех элементов конструкции) 1300 руб. Сопротивление теплопередаче базового варианта (толщина ячеистого бетона 0 мм)  $0,35 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$ .

Каждые дополнительные 50 мм ячеистого бетона повышают стоимость конструкции на 220 руб. Коэффициент теплопроводности ячеистого бетона 0,14.

Таблица П.5.

#### Экономические и теплотехнические показатели стены по глади

Толщина ячеистого бетона, мм	200	250	300	350	400	450	500	550
$U_{усл}$ , Вт/(м <sup>2</sup> °С)	0,562	0,468	0,401	0,351	0,312	0,281	0,255	0,234
$\Omega_{усл}$ , руб./(кВт·ч /год)	64,8	97,5	137	183	235	296	353	437
Класс	7	8	9	10	10	11	11	12

#### *Швы*

Доступные варианты швов приведены в табл. П.6

Таблица П.6.

Швы кладки						
Стоимость, руб/м	50	70	80	110	150	190
$\Psi_{ш}$ , Вт/(м <sup>°С</sup> )	0,05	0,035	0,03	0,02	0,013	0,008
$\Omega_{ш}$ , руб./(кВт·ч /год)		55,6	83,3	125	238	333
Класс		7	8	9	10	11

На квадратный метр стены приходится 3,2 погонных метра шва.

#### Выход плиты перекрытия

Доступные варианты узлов приведены в табл. П.7

Таблица П.7.

Плиты перекрытия					
Стоимость, руб/м	400	500	700	1100	1800
$\Psi_{пер}$ , Вт/(м <sup>°С</sup> )	0,6	0,45	0,3	0,2	0,12
$\Omega_{пер}$ , руб./(кВт·ч /год)		27,8	55,6	167	365
Класс		6	7	10	11

На квадратный метр стены приходится 0,4 погонных метра выхода плиты перекрытия.

#### Оконный откос

Доступные варианты узлов приведены в табл. П.8

Таблица П.8.

Оконный откос					
Стоимость, руб/м	100	150	240	390	570
$\Psi_{отк}$ , Вт/(м <sup>°С</sup> )	0,18	0,14	0,1	0,065	0,04
$\Omega_{отк}$ , руб./(кВт·ч /год)		52,1	93,8	179	300
Класс		7	8	10	11

На квадратный метр стены приходится 0,8 погонных метра оконного откоса.

### П.6 Условия расчета 1.

Климатические условия г. Москвы. ГСОП=4943 °С сут./год

Цена тепловой энергии 1,5 руб/кВт·ч.

$C_{от} = 6$  руб./(кВт ч/год)

Для обоих вариантов стены срок службы всех элементов составляет более 24 лет, поэтому срок окупаемости принят равным 12 годам.

Расчет удельной прибыли от экономии энергетической единицы проводится по формуле (5.29)

$$\Omega_{пр} = (1,5 \cdot 12 + 6) \cdot 4,943 = 119 \text{ руб.}/(\text{кВт}\cdot\text{ч} / \text{год})$$

Требуемый класс теплозащитной эффективности здания – «9».

П.7 Выбор оптимального набора элементов для вентилируемого фасада для условий расчета 1.

По габаритам стены «9» классу соответствуют: 110 - 130 мм МВП. Ближайшей к требуемой является толщина МВП 110 с сопротивлением теплопередаче по габаритам 3,04 м<sup>2</sup> °С/Вт.

Кронштейн нужного класса отсутствует у ближайшего по удельным затратам

$\chi_{кр} = 0,035$  Вт/°С, цена 170 руб.

Выход балконной плиты нужного класса отсутствует у ближайшего по удельным затратам

$\Psi_{бал} = 0,2$  Вт/(м<sup>°С</sup>), цена 1200 руб/м.

Оконные откосы нужного класса  $\Psi_{отк} = 0,06$  Вт/(м<sup>°С</sup>), цена 390 руб/м.

По характеристикам и цене элементов из оптимального набора определяются характеристики и стоимость оптимальной конструкции.

Приведенное сопротивление теплопередаче стены определяется по формуле (5.9):

$$R_o^{np} = \frac{1}{0,328 + 2,7 \cdot 0,035 + 0,12 \cdot 0,2 + 0,8 \cdot 0,06} = \frac{1}{0,328 + 0,095 + 0,024 + 0,048} = 2,02 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Общая стоимость квадратного метра стены определяется по формуле (5.35):

$$K^{ed} = 3200 + 11 \cdot 70 + 2,7 \cdot 170 + 0,12 \cdot 1200 + 0,8 \cdot 390 = 4885 \text{ руб}/\text{м}^2$$

**П.8** Выбор оптимального набора элементов для кладки из ячеистого бетона для условий расчета 1.

По гледи стены «9» классу соответствуют: 300 мм ячеистого бетона с сопротивлением теплопередаче по гледи  $2,49 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

Швы кладки нужного класса  $\Psi_{шоб}=0,02 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ } ^\circ\text{C})$ , цена 110 руб/м.

Выход плиты перекрытия нужного класса отсутствует у ближайшего по удельным затратам  $\Psi_{пер}=0,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ } ^\circ\text{C})$ , цена 1100 руб/м.

Оконные откосы нужного класса отсутствуют у ближайших по удельным затратам

$\Psi_{отк}=0,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ } ^\circ\text{C})$ , цена 240 руб/м.

По характеристикам и цене элементов из оптимального набора определяются характеристики и стоимость оптимальной конструкции.

Приведенное сопротивление теплопередаче стены определяется по формуле (5.9):

$$R_o^{np} = \frac{1}{0,401 + 3,2 \cdot 0,02 + 0,4 \cdot 0,2 + 0,8 \cdot 0,1} = \frac{1}{0,401 + 0,064 + 0,08 + 0,08} = 1,6 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Общая стоимость квадратного метра стены определяется по формуле (5.35):

$$K^{ed} = 1300 + 6 \cdot 220 + 3,2 \cdot 110 + 0,4 \cdot 1100 + 0,8 \cdot 240 = 3604 \text{ руб}/\text{м}^2$$

**П.9** Выбор конструкции с наименьшими удельными приведенными затратами на строительство и эксплуатацию из двух альтернативных вариантов.

Для каждого варианта стены вычисляются удельные приведенные затраты на строительство и эксплуатацию для условий расчета 1.

Для вентфасада

$$П = \frac{4885}{12} + 0,024 \frac{4943}{2,02} \left( 1,5 + \frac{6}{12} \right) = 407 + 117 = 524 \text{ руб}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Для кладки из ячеистого бетона

$$П = \frac{3604}{12} + 0,024 \frac{4943}{1,6} \left( 1,5 + \frac{6}{12} \right) = 300 + 148 = 448 \text{ руб}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Для условий расчета 1 наименьшими удельными приведенными затратами на строительство и эксплуатацию среди рассмотренных вариантов обладает кладка из ячеистого бетона с облицовкой кирпичом при толщине ячеистого бетона 300 мм и других соответствующих элементах.

**П.10** Условия расчета 2.

Климатические условия г. Читы. ГСОП=7599  $^\circ\text{C}$  ст/год.

Цена тепловой энергии 3 руб/кВт·ч.

$C_{от}=10 \text{ руб}/(\text{кВт ч}/\text{год})$

Для обоих вариантов стены срок службы всех элементов составляет более 24 лет, поэтому срок окупаемости принят равным 12 годам.

Расчет удельной прибыли от экономии энергетической единицы проводится по формуле (5.29)

$$\Omega_{np} = (3 \cdot 12 + 10) \cdot 7,599 = 350 \text{ руб}/(\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{год})$$

Требуемый класс теплозащитной эффективности здания – «11».

**П.11** Выбор оптимального набора элементов для вентилируемого фасада для условий расчета 2.

По гледи стены «9» классу соответствуют: 180 - 210 мм МВП. Ближайшей к требуемой является толщина МВП 210 с сопротивлением теплопередаче по гледи  $5,27 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

Кронштейн нужного класса  $\chi_{кр}=0,007 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$ , цена 300 руб.

Выход балконной плиты нужного класса отсутствует у ближайшего по удельным затратам



$\Psi_{\text{бал}}=0,1$  Вт/(м<sup>0</sup>С), цена 2000 руб/м.

Оконные откосы нужного класса  $\Psi_{\text{отк}}=0,017$  Вт/(м<sup>0</sup>С), цена 690 руб/м.

По характеристикам и цене элементов из оптимального набора определяются характеристики и стоимость оптимальной конструкции.

Приведенное сопротивление теплопередаче стены определяется по формуле (5.9):

$$R_o^{np} = \frac{1}{0,1899 + 2,7 \cdot 0,007 + 0,12 \cdot 0,1 + 0,8 \cdot 0,017} = \frac{1}{0,1899 + 0,0189 + 0,012 + 0,0136} = 4,27 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Общая стоимость квадратного метра стены определяется по формуле (5.35):

$$K^{ed} = 3200 + 21 \cdot 70 + 2,7 \cdot 300 + 0,12 \cdot 2000 + 0,8 \cdot 690 = 6272 \text{ руб}/\text{м}^2$$

**П.12** Выбор оптимального набора элементов для кладки из ячеистого бетона для условий расчета 2.

По гледи стены «11» классу соответствуют: 500 мм ячеистого бетона с сопротивлением теплопередаче по гледи 3,92 м<sup>2</sup> °С/Вт.

Швы кладки нужного класса  $\Psi_{\text{шов}}=0,008$  Вт/(м<sup>0</sup>С), цена 190 руб/м.

Выход плиты перекрытия нужного класса  $\Psi_{\text{пер}}=0,12$  Вт/(м<sup>0</sup>С), цена 1800 руб/м.

Оконные откосы нужного класса  $\Psi_{\text{отк}}=0,04$  Вт/(м<sup>0</sup>С), цена 570 руб/м.

По характеристикам и цене элементов из оптимального набора определяются характеристики и стоимость оптимальной конструкции.

Приведенное сопротивление теплопередаче стены определяется по формуле (Е.1):

$$R_o^{np} = \frac{1}{0,255 + 3,2 \cdot 0,008 + 0,4 \cdot 0,12 + 0,8 \cdot 0,04} = \frac{1}{0,255 + 0,0256 + 0,048 + 0,032} = 2,77 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Общая стоимость квадратного метра стены определяется по формуле (5.35):

$$K^{ed} = 1300 + 10 \cdot 220 + 3,2 \cdot 190 + 0,4 \cdot 1800 + 0,8 \cdot 570 = 5284 \text{ руб}/\text{м}^2$$

**П.13** Выбор конструкции с наименьшими удельными приведенными затратами на строительство и эксплуатацию из двух альтернативных вариантов.

Для каждого варианта стены вычисляются удельные приведенные затраты на строительство и эксплуатацию для условий расчета 2.

Для вентфасада

$$П = \frac{6272}{12} + 0,024 \frac{7599}{4,27} \left( 3 + \frac{10}{12} \right) = 523 + 164 = 687 \text{ руб}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Для кладки из ячеистого бетона

$$П = \frac{5284}{12} + 0,024 \frac{7599}{2,77} \left( 3 + \frac{10}{12} \right) = 440 + 252 = 692 \text{ руб}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Для условий расчета 2 наименьшими удельными приведенными затратами на строительство и эксплуатацию среди рассмотренных вариантов обладает вентилируемый фасад при толщине МВП 210 мм и других соответствующих элементах. В целом различие в экономической эффективности утепления двух альтернативных вариантов конструкции мизерное и выбор между конструкциями может осуществляться из других соображений.

Следует отметить, что для обоих вариантов конструкции ужесточение экономических и климатических условий привело к повышению не только сопротивления теплопередаче, но и коэффициента теплотехнической однородности.

В расчетных условиях 1 коэффициент теплотехнической однородности вентилируемого фасада составил 0,66, а для стены из кладки ячеистого бетона 0,64.

В расчетных условиях 2 коэффициент теплотехнической однородности вентилируемого фасада составил 0,81, а для стены из кладки ячеистого бетона 0,71.

## ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ РАЗДЕЛА «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ» ПРОЕКТА ЖИЛОГО ДОМА

**Р.1** Для составления раздела выбран жилой дом из приложения О. Поэтому часть информации дублирующей приложение О здесь не приводится.

Многоэтажный, многосекционный жилой дом строится в г. Дубна Московской области.

Проектируемое здание четырехсекционное, разноэтажное.

Под 1 этажом расположен подвал и технические помещения. Средняя за отопительный период расчетная температура воздуха в помещениях  $t_{под}=8^{\circ}\text{C}$ .

На 1 этаже расположены помещения общественного назначения. Средняя за отопительный период расчетная температура воздуха в помещениях  $t_{общ}=20^{\circ}\text{C}$ .

На всех этажах кроме первого и последнего расположены: жилые квартиры. Средняя за отопительный период расчетная температура воздуха в помещениях  $t_{жил}=20^{\circ}\text{C}$ .

На последнем этаже расположены технические помещения. Средняя за отопительный период расчетная температура воздуха в помещениях  $t_{тех}^{ср}=18^{\circ}\text{C}$ .

**Р.2** Объемно – планировочные показатели:

Отапливаемый объем здания  $V_{от}=34229 \text{ м}^3$ .

в том числе:

отапливаемый объем жилой части здания:  $V_{от1}=24751 \text{ м}^3$ .

отапливаемый объем общественных помещений:  $V_{от2}=6303 \text{ м}^3$ .

отапливаемый объем технических помещений и ЛЛУ:  $V_{от3}=3175 \text{ м}^3$ .

Сумма площадей этажей здания:  $A_{от}=13080 \text{ м}^2$ .

Площадь жилых помещений:  $A_{жс}=3793 \text{ м}^2$ .

Расчетная площадь общественных помещений:  $A_p=1229 \text{ м}^2$ .

Расчетное количество жителей:  $m_{жс}=332 \text{ чел}$ .

Высота здания от пола первого этажа до обреза вытяжной шахты:

1, 4 секции – 22,1 м.

2, 3 секции – 28,1 м.

Общая площадь наружных ограждающих конструкций:  $A_n^{сум}=12415 \text{ м}^2$ .

Общая площадь фасадов здания:  $A_{фас}=9145 \text{ м}^2$ .

Площадь стен жилой части здания:  $4839 \text{ м}^2$ .

Площадь стен общественных помещений:  $1405 \text{ м}^2$ .

Площадь стен технических помещений и ЛЛУ:  $1024 \text{ м}^2$ .

Площадь эксплуатируемой кровли:  $1296 \text{ м}^2$ .

Площадь совмещенного кровельного покрытия:  $339 \text{ м}^2$ .

Площадь перекрытий над подвалом:  $1550 \text{ м}^2$ .

Площадь перекрытий над проездом:  $85 \text{ м}^2$ .

Более подробно разбивка ограждающих конструкций по видам приведена в приложении О, п. О.2.

Площадь надземного остекления по сторонам света:

Сторона света	Площадь
С -	142 м <sup>2</sup>
СВ -	366 м <sup>2</sup>
В -	103 м <sup>2</sup>
ЮВ -	286 м <sup>2</sup>
Ю -	67 м <sup>2</sup>
ЮЗ -	477 м <sup>2</sup>
З -	49 м <sup>2</sup>
СЗ -	323 м <sup>2</sup>
Всего	1813 м <sup>2</sup>

Всего остекления: 1813 м<sup>2</sup>.

Площадь входных дверей: 64 м<sup>2</sup>.

Коэффициент компактности здания:  $K_{комп} = 0,36$ .

Коэффициент остекленности здания:  $f = 0,20$ .

### Р.3 Климатические параметры.

При теплотехнических расчетах климатические параметры района строительства принимаются по СНиП 23-01-99\* [7] для г. Дмитрова Московской обл. Эти параметры имеют следующие значения:

- средняя температура наиболее холодной пятидневки  $t_n = -28$  °С;
- средняя температура отопительного периода  $t_{ом} = -3,1$  °С;
- продолжительность отопительного периода  $z_{ом} = 216$  сут.

Основными параметрами микроклимата являются температура и относительная влажность внутреннего воздуха  $t_в = 20$  °С,  $\varphi_в = 55\%$ .

На основе климатических характеристик района строительства и микроклимата помещения рассчитывается величина градусо-суток отопительного периода

$$ГСОП = (t_в - t_{ом}) \cdot z_{ом} = 23,1 \cdot 216 = 4990 \text{ °С} \cdot \text{сут.}$$

**Р.4** Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление надземной жилой части здания.

1. Удельная теплозащитная характеристика здания рассчитана в приложении О.

$$k_{об} = 0,168 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \text{ °С})$$

2. Удельная вентиляционная характеристика здания определяется по формуле (10.3):

$$k_{вент} = 0,28 \cdot c \cdot n_в \cdot \beta_v \cdot \rho_в^{вент} (1 - k_{эф}) = 0,28 \cdot 1 \cdot 0,439 \cdot 0,85 \cdot 1,31 \cdot 1 = 0,137 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \text{ °С})$$

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период  $n_в$ , определяется согласно п.п. 10.2.3:

$$n_в = n_{в1} + n_{в2} + n_{в3} = 0,342 + 0,066 + 0,031 = 0,439 \text{ ч}^{-1}$$

3. Средняя кратность воздухообмена жилой части здания за отопительный период  $n_{в1}$ , определяется согласно п.п. 10.2.3:

$$n_{в1} = L_{вент1} / \beta_v \cdot V_{от} = 9960 / (0,85 \cdot 34229) = 0,342 \text{ ч}^{-1}$$

Причем в качестве  $L_v$  принимается большее из двух значений:

$$L_{вент1} = 30 \cdot m = 30 \cdot 332 = 9960 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L_{вент2} = 0,35 \cdot 3 \cdot A_{жс} = 0,35 \cdot 3 \cdot 3793 = 3983 \text{ м}^3/\text{ч}$$

В данном случае первое значение больше, поэтому в расчете используется оно.

4. Средняя кратность воздухообмена общественных помещений за отопительный период  $n_{e2}$ , определяется согласно п.п. 10.2.3:

$$n_e = \left[ \frac{L_{вент} \cdot n_{вент}}{168} + \frac{G_{инф} \cdot n_{инф}}{168 \rho_e^{вент}} \right] / (\beta_v V_{от})$$

$$n_{e2} = \left[ \frac{4 \cdot 1229 \cdot 60}{168} + \frac{359 \cdot 108}{168 \cdot 1,31} \right] / (0,85 \cdot 34229) = 0,066 \text{ ч}^{-1}$$

где  $n_{вент}$  – количество рабочих часов в неделю, ч, принято равным 60 ч.

$G_{инф}$  – количество воздуха, проходящее через ограждения в течение часа, под действием средней разности давлений, кг/ч, находится по п.п. 10.2.4:

$$G_{инф} = \sum_i \frac{A_{ок}^i}{R_{u,ок}} \left( \frac{\Delta p_{ок}^i}{10} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{129}{0,9} \left( \frac{15,9}{10} \right)^{\frac{1}{2}} + \frac{117}{0,9} \left( \frac{18,7}{10} \right)^{\frac{1}{2}} = 359 \text{ кг/ч}$$

где  $\Delta p_{ок}$  – разность давлений воздуха на наружной и внутренней сторонах ограждений, Па.

В данном случае в формуле для определения  $G_{инф}$  давление стоит в степени  $\frac{1}{2}$ , несмотря на то, что рассматривается инфильтрация через окна, а не через двери, степень  $\frac{1}{2}$  объясняется тем, что все окна расположены на первом этаже и по своим свойствам инфильтрация воздуха в этом случае аналогична инфильтрации через входные двери. Те же рассуждения справедливы для нахождения  $\Delta p_{ок}$ .

В данном случае существует четыре секции с двумя различными высотами: 1, 4 секции и 2, 3 секции.

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней сторонах ограждений для каждой секции составляет:

$$\Delta p_{ок}^1 = 0,55 \cdot H^1 \cdot (\gamma_n - \gamma_e) + 0,03 \cdot \gamma_n \cdot (v)^2 = 0,55 \cdot 221 \cdot (1283 - 1198) + 0,03 \cdot 1283 \cdot (3,8)^2 = 103 + 5,6 = 15,9 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{ок}^2 = 0,55 \cdot H^2 \cdot (\gamma_n - \gamma_e) + 0,03 \cdot \gamma_n \cdot (v)^2 = 0,55 \cdot 281 \cdot (1283 - 1198) + 0,03 \cdot 1283 \cdot (3,8)^2 = 131 + 5,6 = 18,7 \text{ Па}$$

5. Средняя кратность воздухообмена ЛЛУ за отопительный период  $n_{e3}$ , определяется согласно п.п. 10.2.3:

$$n_{e3} = \left[ \frac{1184 \cdot 168}{168 \cdot 1,31} \right] / (0,85 \cdot 34229) = 0,031 \text{ ч}^{-1}$$

$$G_{инф} = \sum_i \left\{ \left[ \frac{A_{окЛЛУ}^i}{R_{u,ок}} \right] \left( \frac{\Delta p_{ок}^i}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \frac{A_{дв}^i}{R_{u,дв}} \left( \frac{\Delta p_{дв}^i}{10} \right)^{\frac{1}{2}} \right\} =$$

$$= \frac{177}{0,9} \left( \frac{11,6}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \frac{244}{0,9} \left( \frac{13,2}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \frac{39}{0,13} \left( \frac{15,9}{10} \right)^{\frac{1}{2}} + \frac{25}{0,13} \left( \frac{18,7}{10} \right)^{\frac{1}{2}} = 217 + 326 + 378 + 263 = 1184$$

где  $\Delta p$  – разность давлений воздуха на наружной и внутренней сторонах ограждений, соответствующая  $i$ -ой зоне, Па.

В данном случае существует четыре секции с двумя различными высотами: 1, 4 секции и 2, 3 секции.

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней сторонах ограждений для входных дверей посчитана выше в п. 4, для окон для каждой секции она составляет:

$$\Delta p_{ок}^1 = 0,28 \cdot H^1 \cdot (\gamma_n - \gamma_e) + 0,03 \cdot \gamma_n \cdot (v)^2 = 0,28 \cdot 221 \cdot (1283 - 1186) + 0,03 \cdot 1283 \cdot (3,8)^2 = 6,0 + 5,6 = 11,6 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{ок}^2 = 0,28 \cdot H^2 \cdot (\gamma_n - \gamma_e) + 0,03 \cdot \gamma_n \cdot (v)^2 = 0,28 \cdot 281 \cdot (1283 - 1186) + 0,03 \cdot 1283 \cdot (3,8)^2 = 7,6 + 5,6 = 13,2 \text{ Па}$$

6. Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания определяется по формуле

(10.7):

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} \cdot A_{\text{жс}}}{V_{\text{ом}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{ом}})} = \frac{15,6 \cdot 3793}{34229 \cdot 23,1} = 0,075 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$$

где  $q_{\text{быт}}$  принимается в соответствии с п.п. 10.2.5 в зависимости от расчетной заселенности квартиры по интерполяции между 17 Вт/м<sup>2</sup> при заселенности 20 м<sup>2</sup> на человека и 10 Вт/м<sup>2</sup> при заселенности 45 м<sup>2</sup> на человека.

Расчетная заселенность квартир составляет 25,1 м<sup>2</sup> на человека.

$$q_{\text{int}} = 17 + \frac{10 - 17}{45 - 20} (25,1 - 20) = 15,6 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

7. Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации определяется по формуле (10.8):

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot Q_{\text{рад}}^{\text{зод}}}{(V_{\text{ом}} \cdot \text{ГСОП})} = \frac{11,6 \cdot 1047981}{(34229 \cdot 4990)} = 0,071 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$$

Теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода  $Q_{\text{рад}}^{\text{зод}}$ , МДж, определяется по формуле (10.9):

$$Q_{\text{рад}}^{\text{зод}} = \tau_{\text{F}} \cdot k_{\text{F}} \cdot (A_{\text{F1}} \cdot I_{\text{F1}} + A_{\text{F2}} \cdot I_{\text{F2}} + A_{\text{F3}} \cdot I_{\text{F3}} + A_{\text{F4}} \cdot I_{\text{F4}}) + \tau_{\text{scy}} \cdot k_{\text{scy}} \cdot A_{\text{scy}} \cdot I_{\text{hor}} = 0,8 \cdot 0,74 \cdot (142 \cdot 612 + 366 \cdot 677 + 323 \cdot 677 + 103 \cdot 911 + 49 \cdot 911 + 286 \cdot 1285 + 477 \cdot 1285 + 67 \cdot 1462) = 1047981 \text{ МДж}$$

8. Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период определяется по формуле (10.2):

$$q_{\text{ом}}^{\text{p}} = [0,168 + 0,137 - (0,075 + 0,071) \cdot 0,8 \cdot 0,95] \cdot 1,13 = 0,219 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$$

Полученная расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период меньше 0,319 Вт/(м<sup>3</sup>·°C) - величины требуемой СНИП 23-02 "Тепловая защита здания". Класс энергетической эффективности здания «В+».

9. Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $Q_{\text{ом}}^{\text{зод}}$ , кВт ч/год, определяется по формуле (10.11):

$$Q_{\text{ом}}^{\text{зод}} = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V_{\text{ом}} \cdot q_{\text{ом}}^{\text{p}} = 0,024 \cdot 4990 \cdot 34229 \cdot 0,219 = 897739 \text{ кВт ч/год}$$

10. Общие теплопотери здания за отопительный период  $Q_{\text{общ}}^{\text{зод}}$ , кВт ч/год, определяются по формуле (10.12):

$$Q_{\text{общ}}^{\text{зод}} = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V_{\text{ом}} \cdot (k_{\text{об}} + k_{\text{вент}}) = 0,024 \cdot 4990 \cdot 34229 \cdot (0,168 + 0,137) = 1250276 \text{ кВт ч/год}$$

11. Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q$ , кВт ч/(м<sup>2</sup>год), определяется по формуле 10.10а:

$$q = \frac{Q_{\text{ом}}^{\text{зод}}}{A_{\text{ом}}} = \frac{897739}{13080} = 68,6 \text{ кВт ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

В приложении О оболочка здания была переработана с целью удовлетворить нормативным требованиям к удельной теплозащитной характеристике здания. Для справки, по формуле (10.2) проводится проверка, удовлетворяло бы здание требованиям к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период без доработки оболочки.

$$q_{\text{ом}}^{\text{p}} = [0,187 + 0,137 - (0,075 + 0,071) \cdot 0,8 \cdot 0,95] \cdot 1,13 = 0,241 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$$

Без доработок здание удовлетворяет требованиям СНИП 23-02 "Тепловая защита здания" к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период. Класс энергетической эффективности здания «В».

## Р.5. Энергетический паспорт здания.

Таблица Р.1.

### 1. Общая информация

Дата заполнения (число, месяц, год)	
Адрес здания	
Разработчик проекта	
Адрес и телефон разработчика	
Шифр проекта	
Назначение здания, серия	Жилой дом
Этажность, количество секций	2 секции по 7 этажей и 2 секции по 9 этажей
Количество квартир	108
Расчетное количество жителей или служащих	332
Размещение в застройке	Отдельно стоящее
Конструктивное решение	каркасное

### 2. Расчетные условия

	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения.	Расчетное значение
1	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	$t_n$	°С	-28
2	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{om}$	°С	-3,1
3	Продолжительность отопительного периода	$z_{om}$	сут/год	216
4	Градусо-сутки отопительного периода	$G_{СОП}$	°С·сут/год	4990
5	Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	$t_e$	°С	20
6	Расчетная температура чердака	$t_{чрд}$	°С	
7	Расчетная температура техподполья	$t_{подп}$	°С	8

### 3. Показатели геометрические

№ п/п	Показатель	Обозначение и единица измерения		Расчетное проектное значение	Фактическое значение
8	Сумма площадей этажей здания	$A_{om}, м^2$	–	13080	
9	Площадь жилых помещений	$A_{жс}, м^2$	–	3793	
10	Расчетная площадь (общественных зданий)	$A_p, м^2$	–	1229	
11	Отапливаемый объем	$V_{om}, м^3$	–	34229	
12	Коэффициент остекленности фасада здания	$f$		0,2	
13	Показатель компактности здания	$K_{комп}$		0,36	
14	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе: – фасадов – навесной фасадной системы с основанием из керамзитобетона – навесной фасадной системы с основанием из железобетона – трехслойной стены по кладке из керамзитобетона – трехслойной стены по монолитному железобетону – входных дверей – покрытий (совмещенных) – эксплуатируемой кровли	$A_n^{сум}, м^2$  $A_{фас}$ $A_{см1}$  $A_{см2}$  $A_{см3}$  $A_{см4}$  $A_{дв}$ $A_{кр1}$ $A_{кр2}$		12415  9145 3909  944  1838  577  64 339 1296	

– перекрытий над техническими подпольями	$A_{цок1}$	1550	
– перекрытий над проездами или под эркерами	$A_{цок2}$	85	
– окон и балконных дверей	$A_{ок.1}$	1383	
– окон лестнично-лифтовых узлов	$A_{ок.2}$	430	
окон по сторонам света			
С -		142	
СВ -		366	
В -		103	
ЮВ -		286	
Ю -		67	
ЮЗ -		477	
З -		49	
СЗ -		323	

#### 4. Показатели теплотехнические

№ п/п	Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
16	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе:	$R_o^{np}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$			
	– навесной фасадной системы с основанием из керамзитобетона	$R_{см1}$	3,15	3,16	
	– навесной фасадной системы с основанием из железобетона	$R_{см2}$	3,15	3,34	
	– трехслойной стены по кладке из керамзитобетона	$R_{см3}$	3,15	3,19	
	– трехслойной стены по монолитному железобетону	$R_{см4}$	3,15	3,42	
	– окон и балконных дверей	$R_{ок.1}$	0,52	0,65	
	– окон лестнично-лифтовых узлов	$R_{ок.2}$	0,52	0,65	
	– входных дверей	$R_{ов}$	0,83	0,83	
	– покрытий (совмещенных)	$R_{кр1}$	4,7	4,48	
	– эксплуатируемой кровли	$R_{кр2}$	4,7	5,55	
	– перекрытий над техническими подпольями	$R_{цок1}$	4,15	1,88	
	– перекрытий над проездами или под эркерами	$R_{цок2}$	4,7	4,86	

#### 5. Показатели вспомогательные

№	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
17	Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_{тр}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$		0,467
18	Кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_a, \text{ ч}^{-1}$		0,439
19	Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{int}, \text{ Вт}/\text{м}^2$	-	15,6
20	Тарифная цена тепловой энергии для проектируемого здания	$C_{тепл}, \text{ руб.}/\text{кВт ч}$		
21	Удельная цена отопительного оборудования и подключения к тепловой сети в районе строительства	$C_{от}, \text{ руб.}/(\text{кВт ч}/\text{год})$		
22	Удельная прибыль от экономии энергетической единицы	$\Omega_{пр}, \text{ руб.}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{год})$	-	

### 6. Удельные характеристики

№	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
23	Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	0,17	0,168
24	Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)		0,137
25	Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{быт}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)		0,075
26	Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)		0,071

### 7. Коэффициенты

	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя
27	Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	$\zeta$	0,95
28	Коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	$\xi$	0
29	Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{эф}$	0
30	Коэффициент, учитывающий снижение использования теплопоступлений в период превышения их над теплопотерями	$\nu$	0,8
31	Коэффициент учета дополнительных теплопотерь системы отопления	$\beta_h$	1,13

### 8. Комплексные показатели энергоэффективности

	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя
32	Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период	$q_{от}^p$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С) [Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)]	0,219
33	Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период	$q_{от}^{np}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С) [Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)]	0,319
34	Класс энергетической эффективности		<b>B+</b>
35	Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите		<b>ДА</b>

### 9. Энергетические нагрузки здания

№	Показатель	Обозначения	Единица измерений	Величина
36	Удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период	$q$	кВт ч/(м <sup>3</sup> ·год) кВт ч/(м <sup>2</sup> ·год)	68,6
37	Расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период	$Q_{от}^{зод}$	кВт ч/(год)	897739
38	Общие теплопотери здания за отопительный период	$Q_{общ}^{зод}$	кВт ч/(год)	1250276



## Библиография

- |      |  |  |
|------|--|--|
| [1]  | Свод правил<br>СП 23-101—2004  | Проектирование тепловой защиты зданий                                |
| [2]  | Свод правил<br>СП 44.13330.2011  | СНиП 2.09.04-87* Административные и бытовые здания                   |
| [3]  | Свод правил<br>СП 54.13330.2011  | СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные                         |
| [4]  | Строительные нормы и правила<br>СНиП 31-06—2009                          | Общественные здания и сооружения                                     |
| [5]  | Строительные нормы и правила<br>СНиП 2.10.03—84                          | Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения |
| [6]  | Строительные нормы и правила<br>СНиП 2.10.03—84                          | Холодильники   |
| [7]  | Строительные нормы и правила<br>СНиП 23-01—99*                           | Строительная климатология  |
| [8]  | Строительные нормы и правила<br>СНиП 31-05—2003                          | Общественные здания административного назначения                     |
| [9]  | Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы<br>СанПиН 2.1.2.1002—00 | Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям |
| [10] | Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы<br>СанПиН 2.2.4.548—96  | Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений   |