



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

## **Учебное пособие**

по дисциплине «Основы обеспечения  
микроклимата зданий (включая  
теплофизику здания)»

# **«Инженерные расчеты основ проектирования систем обеспечения микроклимата»**

Авторы  
Скорик Т.А.,  
Глазунова Е.К.,  
Галкина Н.И.

Ростов-на-Дону, 2017

## Аннотация

В учебном пособии рассматривается ряд новых требований и методики проектирования теплозащитной оболочки здания. Приводятся примеры расчетов, имеются справочные данные для их выполнения.

Учебное пособие предназначено для подготовки бакалавров направления подготовки 08.03.01 «Строительство» профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция»

## Авторы

к.т.н., доцент кафедры «ТиВ» Скорик Т.А.,  
к.т.н., доцент кафедры «ТиВ» Глазунова Е.К.,  
к. т. н., доцент кафедры «ТиВ» Галкина Н.И.





## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>1 Требования к ограждающим конструкциям здания .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Выбор расчетных параметров микроклимата помещений и климатических характеристик наружной среды при расчете тепловой защиты зданий.....</b>	<b>8</b>
<b>3 Порядок проектирования тепловой защиты здания .....</b>	<b>10</b>
3.1 Требования к теплозащитной оболочке здания .....	11
3.2 Поэлементные требования.....	11
3.3 Комплексное требование .....	19
3.4 Санитарно-гигиенические требования .....	33
3.5 Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции .....	34
<b>4 Теплоустойчивость ограждающих конструкций .....</b>	<b>37</b>
<b>5 Теплоусвоение поверхности пола .....</b>	<b>44</b>
<b>6 Защита от переувлажнения ограждающих конструкций .....</b>	<b>47</b>
6.1 Условия защиты от переувлажнения ограждений .....	47
6.2 Определение требуемых сопротивлений паропрооницанию.....	47
6.3. Расположение плоскости максимального увлажнения .....	52
6.4. Сопротивление паропрооницанию слоя и многослойной конструкции .....	61
<b>7 Воздухопроницаемость ограждающих конструкций .....</b>	<b>64</b>
7.1 Нормируемое сопротивление воздухопроницанию.....	65
7.2 Сопротивление воздухопроницанию ограждающей конструкции .....	66
<b>8 Требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий .....</b>	<b>68</b>
8.1 Требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий.....	68
8.2 Энергетический паспорт проекта здания .....	71



<b>Литература.....</b>	<b>88</b>
<b>Приложение А Классификация помещений (ГОСТ 30494-2011).....</b>	<b>89</b>
<b>Приложение Б Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий (ГОСТ 30494-2011) .....</b>	<b>90</b>
<b>Приложение В Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне общественных зданий (ГОСТ 30494-2011) .....</b>	<b>91</b>
<b>Приложение Г Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96) .....</b>	<b>92</b>
<b>Приложение Д Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96) .....</b>	<b>92</b>
<b>Приложение Е Форма для заполнения энергетического паспорта проекта здания.....</b>	<b>93</b>
<b>Приложение Ж Значения коэффициентов затенения светового проема <math>\tau_{2ок\ t_f}</math> и <math>\tau_{2фон}</math> и относительного проникания солнечной радиации <math>\tau_{1ок}</math> и <math>\tau_{1фон}</math> соответственно окон и зенитных фонарей .....</b>	<b>98</b>
<b>Приложение И Пример расчета .....</b>	<b>99</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы был издан ряд нормативных актов, направленных на повышение уровня безопасности людей в зданиях и сооружениях согласно Федеральному закону от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»; на повышение энергетической эффективности зданий согласно Федеральному закону от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»; на повышение уровня гармонизации нормативных требований с европейскими и международными нормативными документами; на применение единых методов определения эксплуатационных характеристик и методов их оценки в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений".

Для реализации положений вновь введенных нормативов предусмотрена актуализация ранее действовавших отраслевых стандартов, в том числе в строительстве – СНиП с изданием соответствующих Сводов Правил (СП).

С целью обеспечения тепловой защиты зданий разработана актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 – СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий [1]. В данном нормативном документе предусмотрен ряд новых требований и методик проектирования теплозащитной оболочки здания, которые рассматриваются в настоящем пособии.

## 1 ТРЕБОВАНИЯ К ОГРАЖДАЮЩИМ КОНСТРУКЦИЯМ ЗДАНИЯ

Энергопотребление здания непосредственно определяют удельная теплозащитная характеристика здания и его удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания. Данные характеристики зависят от совершенства теплозащитной оболочки здания и его объемно-планировочных решений и являются основными при установлении класса энергосбережения объекта, который используется для оценки достигнутой в проекте здания или в эксплуатируемом здании потребности энергии на отопление и вентиляцию. Таким образом, основным при проектировании тепловой защиты здания является соблюдение нормативных требований к его теплозащитной оболочке.

Однако на расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и конструкций теплозащитной оболочки, а, следовательно, на характеристики, упомянутые выше, влияют физические процессы тепломассообмена, происходящие между внутренней средой помещения и наружной окружающей средой через наружные ограждающие конструкции здания, совокупность которых и образует его теплозащитную оболочку.

Наружные ограждающие конструкции здания создают его оболочку, ограничивающую внутренний объем здания и отделяющую его от наружной окружающей среды. Проектирование зданий должно осуществляться с учетом комплекса требований к ограждающим конструкциям, которые, наряду с необходимой надежностью и долговечностью конструкций, должны обеспечивать: заданные параметры микроклимата, необходимые для жизнедеятельности людей и работы технологического или бытового оборудования; тепловую защиту здания; защиту от переувлажнения ограждающих конструкций; эффективность расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, то есть на системы, обеспечивающие заданные параметры микроклимата.

В своде правил 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;
- теплоустойчивости ограждающих конструкций в теп-

лый период года;

- теплоусвоению поверхности полов;
- влажностному состоянию ограждающих конструкций;
- воздухопроницаемости ограждающих конструкций;
- расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию

зданий.

Методика выполнения расчетов предусматривает для каждого из них выявление ключевых показателей параметров расчета, определение их нормируемых численных значений, установление соотношения нормируемых и расчетных показателей для рассчитываемых ограждений.

Таким образом, расчеты, реализующие данные требования, позволяют обеспечить теплозащитные свойства совокупности наружных и внутренних ограждающих конструкций здания, обеспечивающих заданный уровень расхода тепловой энергии здания с учетом воздухообмена помещений не выше допустимых пределов, а также их воздухопроницаемость и защиту от переувлажнения при оптимальных параметрах микроклимата его помещений.

## 2 ВЫБОР РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАРУЖНОЙ СРЕДЫ ПРИ РАСЧЕТЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

Параметры микроклимата в помещении, необходимые для жизнедеятельности людей и обеспечения требований, необходимых для течения технологического процесса, формируются в результате комплексного воздействия на помещение наружной среды, технологического оборудования, систем климатизации (отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха).

Наружные конструкции зданий, находясь между внутренней и наружной средой, подвергаются воздействию каждой из них, поэтому при решении задачи создания микроклимата в помещении, в системе «*микроклимат местности – ограждение – микроклимат помещения*» должны быть определены возможные климатические воздействия, влияние внутренних микроклиматических условий, а также физико-технические свойства ограждающих конструкций.

**Параметры микроклимата в помещении** регламентируются для жилых и общественных зданий ГОСТ 30494-2011 [4], для производственных – СанПиН 2.2.4.548-96 [7] и ГОСТ ГОСТ 12.1.005-88 (2001) [3]

Этими нормативными документами устанавливаются **оптимальные** и **допустимые** микроклиматические условия в помещении для холодного и теплого периода года в зависимости от классификации помещений по категориям для жилых и общественных зданий и от категорий работ в производственных помещениях.

При расчете наружных ограждений, в частности, при определении приведенного сопротивления теплопередаче, в соответствии с указаниями [1] **расчетную температуру внутреннего воздуха  $t_{в}$ , °С**, следует принимать:

— в помещениях зданий жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, интернатов, гостиниц и общежитий – по минимальным значениям оптимальной температуры по [4] (в интервале 20–22 °С);

— в помещениях зданий общественных (кроме указанных выше), административных и бытовых, производственных и других

зданий и помещениях с влажным или мокрым режимом – согласно классификации помещений и минимальных значений оптимальной температуры по [4] (в интервале 16–21 °С);

— в помещениях зданий производственных с сухим и нормальным режимами – по нормам проектирования соответствующих зданий.

**Влажностный режим помещений** зданий в холодный период года в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха следует устанавливать по [1] (таблица 1).

Таблица 1 – Влажностный режим помещений зданий [1]

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

При решении задач теплофизики и систем обеспечения микроклимата необходимо использовать различные по номенклатуре и объему **климатологические данные**, которые приводятся в [6].

Выбор параметров наружного климата проводится на основе коэффициента обеспеченности  $K_{об.}$ , который в долях единицы показывает число случаев, в которых внутренние условия обеспечиваются по отношению к общему числу случаев. По существу коэффициент обеспеченности является вероятностью обеспечения внутренних условий.

В [6] даны характеристики наружного климата в теплый и холодный период года. Температуры наружного воздуха средние за наиболее холодные сутки и наиболее холодную пятидневку приводятся при коэффициентах обеспеченности 0,92 и 0,98, предназначенные для теплотехнического расчета наружных ограждений и расчета мощности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в холодное время года.

### 3 ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ

Порядок проектирования тепловой защиты здания, регламентируемый настоящим сводом правил [1], распространяется 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 трех дней в неделю) или сезонно (непрерывно менее трех месяцев в году);
- временных зданий, находящихся в эксплуатации не более двух отопительных сезонов;
- теплиц, парников и зданий холодильников;
- зданий, строений, сооружений, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации отнесены к объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры);
- строений и сооружений в составе инженерного обеспечения объекта – трансформаторные подстанции, котельные, КНС, ВНС, ЦТП и т.д.

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

Обязательным условием обеспечения тепловой защиты здания в установленных нормами пределах является соответствие теплозащитной оболочки здания требованиям свода правил [1].

Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

а) приведенные сопротивления теплопередаче  $R_0^{\text{ТР}}$  м<sup>2</sup> · °С/Вт отдельных ограждающих конструкций должны быть **не меньше** нормируемых значений  $R_0^{\text{НОРМ}}$  м<sup>2</sup> · °С/Вт (*поэлементные требования*);

б) удельная теплозащитная характеристика здания  $K_{об}$  Вт/(м<sup>3</sup> · °С) должна быть **не больше** нормируемого значения  $k_{об}^{\text{ТР}}$  Вт/(м<sup>3</sup> · °С) (*комплексное требование*);

в) температура на внутренних поверхностях ограждающих

конструкций  $t_v$  должна быть **не ниже** минимальных допустимых значений  $t_v^{\text{норм}}$  и точки росы внутреннего воздуха  $t_p$  (*санитарно-гигиеническое требование*).

Требования к теплозащитной оболочке здания будут выполнены при **одновременном** выполнении требований а), б) и в).

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при **одновременном** выполнении требований к:

- теплозащитной оболочке здания;
- теплоустойчивости ограждающих конструкций;
- теплоусвоению поверхности пола;
- защите от переувлажнения ограждающих конструкций;
- воздухопроницаемости ограждающих конструкций

### 3.1 Требования к теплозащитной оболочке здания

Свод правил СП 50.13330 «Тепловая защита зданий»[1] предписывает, что теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим **поэлементным** (а), **комплексным** (б) и **санитарно-гигиеническим** (в) 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).

### 3.2 Поэлементные требования

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $R_0^{\text{норм}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , следует определять по формуле

$$R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{тп}} \cdot m_p, \quad (1)$$

где  $R_0^{\text{тп}}$  – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , следует при-

нимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, ГСОП, °С \*сут/год, региона строительства и определять по таблице 3;

$m_p$  – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете по формуле (1) принимается равным 1. Допускается снижение значения коэффициента  $m_p$  в случае если при выполнении расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по методике, приведенной в разделе 8, выполняются требования

$q_{от}^p \leq q_{от}^{тр}$  к данной удельной характеристике.

Значения коэффициента  $m_p$  при этом должны быть не менее:  $m_p = 0,63$  – для стен,  $m_p = 0,95$  – для светопрозрачных конструкций,  $m_p = 0,8$  – для остальных ограждающих конструкций.

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 [1]

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

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) °С \* сут/год, определяют по формуле

$$ГСОП = (t_b - t_{от}) \cdot z_{от}, \quad (2)$$

где  $t_{от}$ ,  $z_{от}$  – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемые по [6] для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°С, а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-

интернатов для престарелых не более 10°C;

$t_{в}$  – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая при расчете ограждающих конструкций групп зданий указанных в таблице 3: по поз. 1 – по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494 (в интервале 20-22°C); по поз. 2 – согласно классификации помещений и минимальных значений оптимальной температуры по ГОСТ 30494 (в интервале 16-21°C); по поз. 3 – по нормам проектирования соответствующих зданий.

Таблица 3 – Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [1]

Здания и помещения, коэффициенты а и b	Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, °С *сут/год	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{TP}$ , м <sup>2</sup> · °С/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 помещения с влажным или мокрым режимами	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
a	-	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
b	-	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
3 Производственные с сухим и нормальным режимами*	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
a	-	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025
b	-	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15

**Примечания**

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

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

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °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 значение приведенного сопротивления теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше нормируемого значения приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций.

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

При расчете поэлементных требований с учетом ГСОП указывается, что в случаях, когда средняя наружная или внутренняя температура для отдельных помещений отличается от принятых в расчете ГСОП, базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций, определенные по таблице 3, умножаются на коэффициент  $n_t$ , который рассчитывается по формуле

$$n_t = \frac{t_B^* - t_{OT}^*}{t_B - t_{OT}}, \quad (3)$$

где  $t_B^*$ ,  $t_{OT}^*$  – средняя температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, °С;

$t_B$  – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая при расчете ограждающих конструкций групп зданий указанных в таблице 3: по поз. 1 (жилые, лечебно-профилактические, детские учреждения, школы, гостиницы, общежития) – по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по [4] (в интервале 20-22°С); по поз. 2 (общественные, административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным и мокрым режимами) – согласно классификации помещений и минимальных значений оптимальной температуры по [4] (в интервале 16-21°С); по поз. 3 (производственные с сухим и нормальным режимами) – по нормам проектирования соответствующих зданий.

$t_{OT}$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, принимаемая равной средней температуре отопительного периода по [6].

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

$$R_o^{норм} = \frac{(t_B - t_H)}{\Delta t^H \cdot \alpha_B}, \quad (4)$$

где  $\alpha_B$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности

ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup> \* °С), принимаемый по таблице 4;

$\Delta t^H$  – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха  $t_b$  и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции –  $t_b$ , °С, принимаемый по таблице 5;

$t_b$  – то же, что в формуле (3);

$t_n$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по [6].

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей и ворот  $R_0^{HOPM}$  должно быть не менее  $0,6R_0^{HOPM}$  стен зданий, определяемого по формуле (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 (4) принимая за величину  $t_n$  расчётную температуру воздуха в более холодном помещении.

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

Таблица 4 – Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_b$ , 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
<b>Примечание</b> – Коэффициент теплоотдачи $\alpha_b$ внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии с СП 106.13330.	

Таблица 5 – Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [1]

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад $\Delta t^H$ , °С, для			
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	зенитных фонарей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_b - t_p$
2. Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_b - t_p$
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	$t_b - t_p$ , но не более 7	$0,8(t_b - t_p)$ , но не более 6	2,5	$t_b - t_p$
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_b - t_p$	$0,8(t_b - t_p)$	2,5	не нормируется
5. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м <sup>3</sup> ) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 50%	12	12	2,5	$t_b - t_p$
Обозначения: $t_b$ – то же, что в формуле (1); $t_p$ – температура точки росы, °С, при расчетной температуре $t_b$ и относительной влажности внутреннего воздуха, принимаемым согласно СанПиН 2.1.2.2645, ГОСТ 12.1.005 и СанПиН 2.2.4.548, СП 60.13330 и нормам проектирования соответствующих зданий. <b>Примечание</b> – Для зданий картофеля – и овощехранилищ нормируемый температурный перепад $\Delta t^H$ для наружных стен, покрытий и чердачных перекрытий следует принимать по СП 109.13330.				

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 (4).

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания (или любой выделенной ограждающей конструкции) –  $R_o^{пр}$ ,  $m^2 \cdot ^\circ C/Вт$ , рассчитывается в соответствии с [1, приложение 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 [1, методика 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 [1, приложение К].

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций с вентилируемыми воздушными прослойками следует рассчитывать в соответствии с [1, приложение Л].

Таблица 6 – Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции [1].

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, $\alpha_n$ , Вт/( $m^2 \cdot ^\circ C$ )
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне.	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительно-климатической зоне.	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом.	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами и техническими, подпольями не вентилируемых наружным воздухом.	6

### 3.3 Комплексное требование

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания,  $k_{об}^{тр}$ , Вт/( $m^3 \cdot ^\circ C$ ), следует принимать в зависимости от отапливаемого объема здания и градусо-суток отопительного периода района строительства по таблице 7 с учетом примечаний.

Таблица 7 – Нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики здания [1]

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

**Примечания**

1 Для промежуточных значений величин объема зданий и ГСОП, а также для зданий с отапливаемым объемом более 200 000 м<sup>3</sup> значение  $k_{об}^{тп}$  рассчитываются по формулам:

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

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

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

Удельная теплозащитная характеристика (фактическая, расчетная) здания,  $k_{об}$ , Вт/(м<sup>3</sup> °С), рассчитывается по формуле [1, приложение Ж].

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{пр}} \right) = K_{комп} \cdot K_{общ} \quad (5)$$

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

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

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

$n_{t,i}$  – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП;

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

$$K_{общ} = \frac{1}{A_{\text{н}}^{\text{сум}}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{пр}} \right) \quad (6)$$

$K_{комп}$  – коэффициент компактности здания,  $\text{м}^{-1}$ , определяемый по формуле

$$K_{комп} = \frac{A_{\text{н}}^{\text{сум}}}{V_{от}} \quad (7)$$

$A_{\text{н}}^{\text{сум}}$  – сумма площадей (по внутреннему обмеру всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания,  $\text{м}^2$ .

Совокупность фрагментов теплозащитной оболочки здания, характеристики которых используются в формуле (5) должна полностью замыкать оболочку отапливаемой части здания.

Исходные данные и результаты расчета сводятся в таблицу

8.

Таблица 8 – Результаты расчета удельной теплозащитной характеристики здания

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{\Phi,i}$ , м <sup>2</sup>	$R_{o,i}^{np}$ , (м <sup>2</sup> °С)/Вт	$n_{t,i}A_{\Phi,i}/R_{o,i}^{np}$ , Вт/°С	%
1	2	3	4	5	6
Сумма	-	-	-		100

В таблицу вносятся построчно все участки оболочки здания, для которых расчетные условия (действительные) отличаются от нормативных (усредненных), принятых при определении нормируемых значений поэлементных требований. К таким участкам относятся, например, наружные стены лестничных клеток – лест-

ничнолифтового узла ЛЛУ ( $t_{в}=18^{\circ}\text{C}$ , а в расчете  $R_{o,i}^{np}$  принято  $20^{\circ}\text{C}$ ; кухонь и туалетов с  $t_{в}=19^{\circ}\text{C}$ ; кладовых с  $t_{в}=16^{\circ}\text{C}$ ; ванных комнат с  $t_{в}=24^{\circ}\text{C}$ ) и полы над неотапливаемым подвалом и чердачное перекрытие ( $t_{от}=8^{\circ}\text{C}$ , а не средняя температура воздуха отопительного периода, принятая при расчете ГСОП). Для этих случаев рассчитывается коэффициент  $n_t$  и записывается в колонку 2 по каждой позиции в виде дроби, где в числителе нормативное значение, принятое за 1, а в знаменателе – то, что вычислено по формуле 1. В колонке 3 в числителе приводятся полные расчетные площади каждого  $i$ -го ограждения, например, полная (суммарная) площадь наружных стен, а в знаменателе – площади пересчитываемых участков наружных стен, например, ЛЛУ, кухня, туалетов и т.д.. Для пола и перекрытия – это обычно вся площадь. В 5-ой колонке приводится численное значение комплекса

$n_{t,i}A_{\Phi,i}/R_{o,i}^{np}$  в числителе – для базового значения, а в знаменателе – для пересчитываемых участков. В последней колонке 6 приводится процентное отношение каждого  $i$ -го ограждения к суммарной расчетной площади наружных ограждений всего здания, например, всех наружных стен, а в знаменателе – процентное отношение площади пересчитываемых участков наружных стен. В итоге, если сложить все числители по всем позициям по всем строчкам, по всем ограждениям), должно получиться 100%.

При расчете размеры принимаются по внутреннему обмеру (без учета толщины стен и перекрытий), а все ограждения долж-

ны составлять замкнутый контур: наружные стены – окна – полы – перекрытие.

Если удельная теплозащитная характеристика здания больше нормируемой величины из таблицы 2 выбираются позиции, вносящие наибольший вклад в тепловые потери здания в данном случае, например, окна, слабо утепленное перекрытие над подвалом и пр., для которых наиболее эффективно дорабатывать теплозащитную оболочку здания за счет повышения сопротивления теплопередаче. В проекте, например, заменяются окна на имеющие большее приведенное сопротивление теплопередаче, доутепляется перекрытие над подвалом и т.д..

Изменения заносятся в таблицу 8 и производится пересчет по формуле (4). После доработки теплозащитной оболочки здания удельная теплозащитная характеристика меньше нормируемой величины, оболочка удовлетворяет нормативным требованиям.

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $R_o^{\text{норм}}$ , м<sup>2</sup> °С/Вт, следует определять по формуле

$$R_o^{\text{норм}} = R_o^{\text{тп}} \cdot m_p, \quad (8)$$

где  $R_o^{\text{тп}}$  – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, м<sup>2</sup> °С/Вт, следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, ГСОП, °С · сут/год и региона строительства;

$m_p$  – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете принимается равным 1. Допускается снижение значения коэффициента

$m_p$  в случае если при выполнении требований к расчету удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по методике [1, приложение Г].

Значения коэффициента  $m_p$  при этом должны быть не менее:  $m_p = 0,63$  – для стен,  $m_p = 0,95$  – для светопрозрачных конструкций,  $m_p = 0,8$  – для остальных ограждающих конструкций.

**Пример 1.** Расчет удельной теплозащитной характеристики здания (*комплексное требование*).

Удельная теплозащитная характеристика рассчитывается



для многоэтажного жилого дома расположенного в г. Дубна Московской области

*Климатические параметры района строительства* принимаются по [6] для г. Дмитров Московской области:

- средняя температура отопительного периода  $t_{от} = -3,1^{\circ}\text{C}$ ;
- продолжительность отопительного периода  $z_{от} = 216$  сут;
- температура внутреннего воздуха  $t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$ .

На основе климатических характеристик района строительства и микроклимата помещения по формуле (2) рассчитывается величина градусо-суток отопительного периода:

$$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{от}) \cdot z_{от} = 23,1 \cdot 216 = 4990 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сут}.$$

В технических помещениях и лестнично-лифтовых узлах (ЛЛУ) температура внутреннего воздуха отличается от основных (жилых) помещений здания. В среднем за отопительный период она составляет для  $t_{ЛЛУ} = 18^{\circ}\text{C}$ .

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней температуры ЛЛУ от температуры жилых помещений, рассчитанный по формуле (3), составляет

$$n_{\text{ЛЛУ}} = \frac{t_{\text{ЛЛУ}} - t_{\text{от}}}{t_{в} - t_{\text{от}}} = \frac{18 - (-3,1)}{20 - (-3,1)} = 0,913$$

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  $t_{\text{под}} = 8^{\circ}\text{C}$ .

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

$$n_{\text{под}} = \frac{t_{в} - t_{\text{под}}}{t_{в} - t_{\text{от}}} = \frac{20 - 8}{20 - (-3,1)} = 0,519$$

#### *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  $R_{ст1} = 3,16 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$

Площадь стен данной конструкции составляет:

– по основной части здания  $A_{ст1} = 3406 \text{ м}^2$

– по техническим помещениям и ЛЛУ  $A_{ст1ЛЛУ} = 503 \text{ м}^2$

2 Навесная фасадная система с основанием из железобетона

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{ст2} = 3,34 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$

Площадь стен данной конструкции составляет:

– по основной части здания  $A_{ст2} = 608 \text{ м}^2$

– по техническим помещениям и ЛЛУ  $A_{ст2ЛЛУ} = 336 \text{ м}^2$

3 Трехслойная стена по кладке из керамзитобетона

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{ст3} = 3,19 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$

Площадь стен данной конструкции составляет:

– по основной части здания  $A_{ст3} = 1783 \text{ м}^2$

– по техническим помещениям и ЛЛУ  $A_{ст3ЛЛУ} = 55 \text{ м}^2$

4 Трехслойная стена по монолитному железобетону

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{ст4} = 3,42 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$

Площадь стен данной конструкции составляет

– по основной части здания  $A_{ст4} = 447 \text{ м}^2$

– по техническим помещениям и ЛЛУ  $A_{ст4ЛЛУ} = 130 \text{ м}^2$

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  
 $R_{\text{цок2}} = 4,86 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$

Площадь перекрытия данной конструкции составляет  $A_{\text{цок2}}$   
 $= 85 \text{ м}^2$

9 Окна

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{\text{ок}}$   
 $= 0,56 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$

Площадь окон составляет

по основной части здания  $A_{\text{ок}} = 1383 \text{ м}^2$

по техническим помещениям и ЛПУ  $A_{\text{окЛПУ}} = 430 \text{ м}^2$

10 Входные двери

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{\text{дв}}$   
 $= 0,83 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$

Площадь входных дверей составляет  $A_{\text{дв}} = 64 \text{ м}^2$

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

*Удельная теплозащитная характеристика здания* рассчитывается по формуле (6):

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

Детали расчета сведены в таблицу П.1.1

Таблица П.1.1

Наименование фрагмента	$n_{i,j}$	$A_{\Phi,i}, \text{M}^2$	$R_{o,i}^{np}, (\text{M}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$	$n_{i,j} A_{\Phi,i} / R_{o,i}^{np}, \text{Вт}/\text{°C}$	%
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 по монолитному железобетону	1	447	3,42	131	2,1
	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 таблицы 7)

$$k_{ог}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{34229}}}{0,00013 \cdot 4990 + 0,61} = \frac{0,214}{1,259} = 0,17$$

Вт/(м<sup>3</sup> · °С)

Удельная теплозащитная характеристика здания больше нормируемой величины на 10%. Как видно из таблицы П.1.1, 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> · °С)/Вт. Кроме того, доутепляется перекрытие над подвалом, так что приведенное сопротивление теплопередаче конструкции составляет 1,88 (м<sup>2</sup> · °С)/Вт.

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

Детали расчета сведены в таблицу П1.2

Таблица П1.2

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{\Phi,i}$ , м <sup>2</sup>	$R_{o,i}^{np}$ , (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт	$n_{t,i}A_{\Phi,i} / R_{o,i}^{np}$ , Вт/°С	%
Навесная фасадная система с основанием из керамзитобетона	1	3406	3,16	1078	18,7
	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:

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

Данный коэффициент не участвует в расчетах и его определение не обязательно.

### Пример 2 .

Расчет ведется для 9-ти этажного жилого дома площадью 21,75 x12 (м) и неотапливаемым помещением в 20м<sup>3</sup>.

Расчетная температура внутреннего воздуха –  $t_{\text{в}} = 20\text{°C}$ ; средняя температура наружного воздуха отопительного периода  $t_{\text{от}} = -2,3\text{°C}$ .

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики **здания, следует принимать в зависимости от отапливаемого объема здания** и градусо-суток отопительного периода района строительства по таблице 7 с учетом примечаний.

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

$$k_{\text{об}}^{\text{тр}} = \frac{8,5}{\sqrt{\text{ГСОП}}} \quad (\text{б})$$

Далее последовательность расчета следующая:

– определяется отапливаемый объем здания:

$$V = (21,75 \times 12 \times 28) - 20 = 7271,12 \text{ м}^3;$$

– определяется нормируемое значение удельной теплоза-

щитной характеристики здания по формулам (а) и (б):

так как  $7271,12 > 960$ , то расчет ведется по формуле (а)  
при  $V_{от} > 960$

$$K_{об-1}^{ТР} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{7271,12}}}{0,00013 \times 3924,8 + 0,61} = 0,2475$$

По формуле (б)

$$K_{об-2}^{ТР} = \frac{8,5}{\sqrt{3924,8}} = 0,1356$$

Так как  $K_{об-1}^{ТР} > K_{об-2}^{ТР}$ , выбирается большее значение  $K_{об}^{ТР} = 0,2475$ .

Далее для конкретных помещений и ограждений в них, площади которых указаны в графе 3 таблицы П2.1 определяется коэффициент  $n$ , учитывающий соответственно конкретные расчетные температуры (графа 2 таблицы П2.1):

$$n_{ллу} = \frac{t_{ллу} - t_{от}}{t_{в} - t_{от}} = \frac{16 + 2,3}{22,3} = 0,82$$

$$n_{под} = \frac{t_{в} - t_{под}}{t_{в} - t_{от}} = \frac{20 - 8}{20 + 2,3} = 0,538$$

$$n_{кух} = \frac{t_{кух} - t_{от}}{t_{в} - t_{от}} = \frac{19 + 2,3}{22,3} = 0,95$$

$$n_{клад} = \frac{t_{клад} - t_{от}}{t_{в} - t_{от}} = \frac{16 + 2,3}{22,3} = 0,82$$

$$n_{потолок} = \frac{t_{потолок} - t_{от}}{t_{в} - t_{от}} = \frac{12 + 2,3}{22,3} = 0,64$$

$$n_{ван} = \frac{t_{ван} - t_{от}}{t_{в} - t_{от}} = \frac{24 + 2,3}{22,3} = 1,18$$

Результаты расчета вносятся в таблицу П2.1.

Таблица П2.1 – Результаты расчета удельной теплозащитной характеристики здания

Наименование	$n_{t,i}$	$A_{\phi i}$	$R_{o,i}^{np}$	$\frac{n_{t,i} A_{\phi i}}{R_{o,i}^{np}}$	%
1	2	3	4	5	6
Лестничная клетка(ллу)	1	1890	2,768	682,8	27,2
	0,82	86,1		25,5	1
Кухня	1	1890	2,768	682,8	27,2
	0,95	324,8		111,47	4
Кладовки	1	1890	2,768	682,8	27,2
	0,82	61,6		18,25	0,7
Подвал	0,538	261	2,768	50,53	2
Пол(весь)	1	261	4,02	64,9	2,58
Потолок	0,64	261	4,02	41,55	1,5
Двери(вход)	0,82	3,37	0,83	3,33	0,13
Пол кухни	0,95	27,26	4,02	6,44	0,25
Пол ванны и туалета	1,18	17,56	4,02	5,15	0,2
Пол кладовки	0,82	1,1	4,02	0,22	0,0008
Окна ллу	0,82	22,5	0,47	0,07	0,0001
Окна кухни	0,95	90	0,47	131,9	7,25
Пол ллу	0,82	15,37	4,02	3,14	0,125
сумма				2506,78	100%

$$k_{общ} = \frac{1}{V} \sum \left( n_i \frac{A_{\phi i}}{R_{o,i}^{np}} \right) = \frac{1}{7271} \left[ \left( \frac{1890}{2,768} + \frac{1890}{2,768} + \frac{261}{4,02} \right) + 0,82 \left( \frac{86,1}{2,768} + \frac{61,6}{2,768} + \frac{3,37}{0,83} + \frac{1,1}{4,02} + \frac{22,5}{0,47} + \frac{15,37}{4,02} \right) + 0,95 \left( \frac{324,8}{2,768} + \frac{27,26}{4,02} + \frac{90}{0,47} \right) + 0,538 \frac{261}{2,768} + 0,64 \frac{261}{4,02} \right] = \frac{1}{7271} (1421,7 + 89,67 + 299,05 + 50,07 + 41,5) = \frac{1}{7271} \times 1902,56 = 0,2616$$

Таким образом  $k_{общ} = 0,2616$ , а  $K_{обр}^{TP} = 0,2475$ .

Расхождение составляет примерно 3%. Условие выполняется.

### 3.4 Санитарно-гигиенические требования

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции в зоне теплопроводных включений, в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей должна быть не ниже точки росы внутреннего воздуха при расчетной температуре наружного воздуха  $t_n$ , °С, принимаемой в соответствии с пояснениями к формуле (2).

Минимальная температура внутренней поверхности остекления вертикальных светопрозрачных конструкций, т.е. с углом наклона к горизонту 45° и более (кроме производственных зданий) должна быть не ниже 3°С, для производственных зданий – не ниже 0°С. Минимальная температура внутренней поверхности непрозрачных элементов вертикальных светопрозрачных конструкций не должна быть ниже точки росы внутреннего воздуха помещения, при расчетной температуре наружного воздуха –  $t_n$ , °С, принимаемой в соответствии с пояснениями к формуле (2).

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

Относительную влажность внутреннего воздуха для определения точки росы следует принимать:

- для помещений жилых зданий, больничных учреждений, диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, общеобразовательных детских школ, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов – 55%;
- для кухонь – 60%;
- для ванных комнат – 65%;
- для теплых подвалов и подполий с коммуникациями – 75%;
- для теплых чердаков жилых зданий – 55%;
- для других помещений общественных зданий (за исключением вышеуказанных) – 50%.

### 3.5 Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания или любой выделенной ограждающей конструкции основан на представлении фрагмента теплозащитной оболочки здания в виде набора независимых элементов, каждый из которых влияет на тепловые потери через фрагмент (Приложение E[1]). 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.

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

$$R_o^{пр} = \frac{1}{\frac{1}{R_o^{усл}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} \quad (9)$$

где  $R_o^{усл}$  – осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания либо выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;  
 $l_j$  – протяженность линейной неоднородности j-го вида, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м}/\text{м}^2$ ;  
 $\Psi_j$  – удельные потери теплоты через линейную неоднородность j-го вида,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ ;  
 $n_k$  – количество точечных неоднородностей k-го вида, приходящихся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{шт.}/\text{м}^2$ ;  
 $\chi_k$  – удельные потери теплоты через точечную неоднородность k-го вида,  $\text{Вт}/\text{°C}$ ;  
 $a_i$  – площадь плоского элемента конструкции i-го вида, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ ;

$$a_i = \frac{A_i}{\sum A_i} \quad (10)$$

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

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

$$U_i = \frac{1}{R_{o,i}^{y_{\text{сл}}}} \quad (11)$$

Коэффициент теплотехнической однородности,  $r$ , вспомогательная величина, характеризующая эффективность утепления конструкции, определяется по формуле

$$r = \frac{R_o^{\text{пп}}}{R_o^{y_{\text{сл}}}} \quad (12)$$

Величина  $R_o^{y_{\text{сл}}}$  определяется осреднением по площади значений условных сопротивлений теплопередаче всех частей фрагмента теплозащитной оболочки здания

$$R_o^{y_{\text{сл}}} = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{y_{\text{сл}}}}} = \frac{1}{\sum a_i U_i} \quad (13)$$

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции условно принятой за однородную  $R_{o,i}^{y_{\text{сл}}}$ ,  $m^2 \text{ } ^\circ C/Вт$  может определяться расчетом по формуле

$$R_{0,i}^{усл} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_H} \quad (14)$$

где  $\alpha_B$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup> · °С), принимаемый по таблице 4;

$\alpha_H$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup> · °С), принимаемый по таблице 6;

$R_s$  – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента, (м<sup>2</sup> · °С)/Вт, определяемое для неветилируемых воздушных прослоек по таблице 9.

Таблица 9 – Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки [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

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

Для материальных слоев  $R_s$ , (м<sup>2</sup> · °С)/Вт определяется по формуле

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s} \quad (15)$$

где  $\delta_s$  – толщина слоя, м;

$\lambda_s$  – теплопроводность материала слоя, Вт/(м · °С),, принимаемая по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных оно оценивается по [1, приложение Т].

## 4 ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

В районах со среднемесячной температурой июля  $21^{\circ}\text{C}$  и выше расчетная амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций (наружных стен и пере-

крытий/покрытий)  $A_t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , зданий жилых, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов, а также производственных зданий, в которых необходимо соблюдать оптимальные параметры температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне в теплый период года или по условиям технологии поддерживать постоянными температуру или температуру и относительную влажность воздуха, не должна быть более нормируемой амплитуды колебаний температуры

внутренней поверхности ограждающей конструкции  $A_t^{\text{TP}}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , определяемой по формуле

$$A_t^{\text{TP}} = 2,5 - 0,1(t_n - 21) \quad , \quad (14)$$

где  $t_n$  – средняя месячная температура наружного воздуха за июль,  $^{\circ}\text{C}$ , принимаемая по [6].

Амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций  $A_{t_b}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , следует определять по формуле

$$A_{t_b} = \frac{A_{t_i}^{\text{расч}}}{v} \quad , \quad (15)$$

где  $A_{t_i}^{\text{расч}}$  – расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ , определяемая по формуле (16);  
 $v$  – величина затухания расчетной амплитуды колебаний

температуры наружного воздуха  $A_{\text{н}}^{\text{расч}}$  в ограждающей конструкции, определяемая по формуле (17). Расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха  $A_{\text{н}}^{\text{расч}}$ , °С, следует определять по формуле

$$A_{\text{н}}^{\text{расч}} = 0,5A_{\text{н}} + \frac{\rho(I_{\text{max}} - I_{\text{ср}})}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (16)$$

где  $A_{\text{н}}$  – максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, °С, принимаемая согласно [6].

$\rho$  – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по таблице 10;

$I_{\text{max}}$ ,  $I_{\text{ср}}$  – соответственно максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), Вт/м<sup>2</sup>, принимаемые согласно для наружных стен – как для вертикальных поверхностей западной ориентации и для покрытий – как для горизонтальной поверхности;

$\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м<sup>2</sup> · °С), определяемый по формуле (22).

Таблица 10 – Коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции [1].

№ 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	То же, стеклянная синяя	0,6
14	То же, белая или палевая	0,45
15	Рубероид с песчаной посыпкой	0,9
16	Сталь листовая, окрашенная белой краской	0,45
17	То же, окрашенная темно-красной краской	0,8
18	То же, 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	То же, темно-зеленая	0,6
24	То же, кремовая	0,4

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

$$v = 0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}} \frac{(s_1 + \alpha_b)(s_2 + Y_1) \dots (s_n + Y_{n-1})(\alpha_n + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) \dots (s_n + Y_n)\alpha_n}}, \quad (17)$$

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

$D$  – тепловая инерция ограждающей конструкции, определяемая по формуле (18);

$s_1, s_2, \dots, s_n$  – 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 по формулам (20), (21);

$\alpha_b$  – то же, что в формуле (4);

$\alpha_n$  – то же, что в формуле (22).

Порядок нумерации слоев в формуле (4) принят в направлении от внутренней поверхности к наружной.

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.

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

$$D_i = R_i s_i, \quad (18)$$

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

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (19)$$

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

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

### Примечания

1. Расчетный коэффициент теплоусвоения воздушных прослоек принимается равным нулю.

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

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

Для определения коэффициентов теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции следует предварительно вычислить тепловую инерцию  $D$  каждого слоя по формуле (18).

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

$$Y_1 = \frac{R_1 s_1^2 + \alpha_B}{1 + R_1 \alpha_B}, \quad (20)$$

б) для  $i$ -го слоя – по формуле

$$Y_i = \frac{R_i s_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}}, \quad (21)$$

где  $R_1, R_i$  – термические сопротивления соответственно первого и  $i$ -го слоев ограждающей конструкции, м<sup>2</sup> · °С/Вт, определяемые по формуле (19);

$s_1, s_i$  – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала соответственно первого и  $i$ -го слоев, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);

$\alpha_B$  – то же, что в формуле (4);

$Y_1, Y_2, \dots, Y_{n-1}$  – коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности соответственно первого,  $i$ -го и  $(i-1)$ -го слоев

ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup> · °С).

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям  $\alpha_n$ , Вт/(м<sup>2</sup> · °С), следует определять по формуле

$$\alpha_n = 1,16(5 + 10\sqrt{v}) \quad (22)$$

где  $v$  – минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая согласно [6], но не менее 1 м/с.

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 таблицей 11.

Таблица 11 – Нормируемые значения коэффициента теплопропускания солнцезащитного устройства

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

## 5 ТЕПЛОУСВОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛА

Поверхность пола жилых и общественных зданий, вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий и отапливаемых помещений производственных зданий (на участках с постоянными рабочими местами) должна иметь расчетный показатель теплоусвоения  $Y_{\text{пол}}$ , Вт/(м<sup>2</sup> · °С), не более нормируемой

величины  $Y_{\text{пол}}^{\text{ТР}}$ , установленной в таблице 12.

Таблица 12 – Нормируемые значения показателя  $Y_{\text{пол}}^{\text{ТР}}$

Здания, помещения и отдельные участки	Показатель теплоусвоения поверхности пола $Y_{\text{пол}}^{\text{ТР}}$ , 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 (категория II)	17
4 Участки животноводческих зданий в местах отдыха животных при бесподстилочном содержании: а) коровы и нетели за 2-3 месяца до отела, быки-производители, телята до 6 месяцев, ремонтный молодняк крупного рогатого скота, свиньи-матки, хряки, поросята-отъемыши б) коровы стельные и новотельные, молодняк свиней, свиньи на откорме в) крупный рогатый скот на откорме	11 13 14

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

а) если покрытие пола (первый слой конструкции пола)

имеет тепловую инерцию  $D_1 = R_1 s_1 \geq 0,5$ , то показатель теплоусвоения поверхности пола следует определять по формуле:

$$Y_{\text{пол}} = 2s_1 ; \quad (23)$$

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  $Y_{\text{пол}}$  следует определять последовательно расчетом показателей теплоусвоения поверхностей слоев конструкции, начиная с  $n$ -го до 1-го для  $n$ -го слоя – по формуле

$$Y_n = (2R_n s_n^2 + s_{n+1}) / (0,5 + R_n s_{n+1}) ; \quad (24)$$

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

$$Y_i = (4R_i s_i^2 + Y_{i+1}) / (1 + R_i Y_{i+1}) \quad (25)$$

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

В формулах (23)-(25) 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

$$D_1 = R_1 s_1 ; D_2 = R_2 s_2 ; \dots ; D_n = R_n s_n , \quad (26)$$

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

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} ; R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} ; \dots ; R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n} \quad (27)$$

## Инженерные расчеты основ проектирования систем обеспечения микроклимата

$s_1, s_i, s_n, s_{n+1}$  – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала соответственно 1-го, 2-го, ... , n-го, (n+1)-го слоев конструкции пола, Вт/(м<sup>2</sup> · °С), принимаемые расчетом по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных они оцениваются по [1, приложение Т];

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$  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> · °С), Вт/(м · °С), принимаемые по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных они оцениваются по [1, приложение Т].

Если расчетная величина  $Y_{\text{пол}}$  показателя теплоусвоения поверхности пола окажется не более нормируемой величины

$Y_{\text{пол}}^{\text{ТР}}$ , установленной в таблице 12, то этот пол удовлетворяет

требованиям в отношении теплоусвоения; если  $Y_{\text{пол}} > Y_{\text{пол}}^{\text{ТР}}$ , то следует разработать другую конструкцию пола или изменить толщины его отдельных слоев до удовлетворения требованиям

$$Y_{\text{пол}} \leq Y_{\text{пол}}^{\text{ТР}}$$

Не нормируется показатель теплоусвоения поверхности полов:

а) имеющих температуру поверхности выше 23°С (например, теплые полы);

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.).

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

## 6 ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Защита от переувлажнения ограждающих конструкций должна обеспечиваться путем проектирования ограждающих конструкций с сопротивлением паропроницанию внутренних слоев не менее требуемого значения.

Паропроницание ограждающей конструкции, определяется расчетом одномерного влагопереноса, осуществляемому по механизму паропроницаемости и являющегося следствием такого физического явления, как диффузия водяных паров. Диффузия, в свою очередь, возникает вследствие наличия градиента парциального давления водяного пара, направленного, преимущественно, из помещения наружу.

Сопротивление паропроницанию  $R_n$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ , ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения должно быть не менее наибольшего из следующих требуемых сопротивлений паропроницанию, определенных исходя из двух условий.

### 6.1 Условия защиты от переувлажнения ограждений

Условия защиты от переувлажнения ограждений с различных позиций оценивают поведение ограждающих конструкций в процессе эксплуатации.

Требуемое сопротивление паропроницанию определяется дважды, по двум условиям:

- *условие недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации;*
- *условие ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха*

### 6.2 Определение требуемых сопротивлений паропроницанию

Требуемое сопротивление паропроницанию определяется следующим образом:

- а) требуемое сопротивление паропроницанию  $R_{n1}^{тп}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$  из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации определяется по формуле

$$R_{n1}^{\text{TP}} = \frac{(e_{\text{в}} - E)R_{\text{н.н}}}{E - e_{\text{н}}} ; \quad (28)$$

б) требуемое сопротивление паропроницанию  $R_{\text{п}2}^{\text{TP}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$  из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха определяется по формуле

$$R_{\text{п}2}^{\text{TP}} = \frac{0,0024 z_0 (e_{\text{в}} - E_0)}{\rho_w \delta_w \Delta w + \eta} , \quad (29)$$

где  $e_{\text{в}}$  – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетных температуре и относительной влажности воздуха в помещении, определяемое по формуле (30).

$$e_{\text{в}} = (\varphi_{\text{в}} / 100) E_{\text{в}} , \quad (30)$$

где  $E_{\text{в}}$  – парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре внутреннего воздуха помещения  $t_{\text{в}}$ ;  
 $\varphi_{\text{в}}$  – относительная влажность внутреннего воздуха, %, принимаемая для различных зданий в соответствии с разделом 3.4;  
 $R_{\text{н.н}}$  – сопротивление паропроницанию,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ , части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью максимального увлажнения, определяемое по разделу 6.3;  
 $e_{\text{н}}$  – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период, Па, определяемое по [6, таблица 5а];  
 $z_0$  – продолжительность периода влагонакопления, сут., принимаемая равной периоду с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха по [6];  
 $E_0$  – парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения, Па, определяемое при средней температуре наружного воздуха периода влагонакопления  $z_0$  по формуле

$$E = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273+t}\right), \quad (31)$$

$\rho_w$  – плотность материала увлажняемого слоя, кг/м<sup>3</sup>;

$\delta_w$  – 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 13;

В случае, когда плоскость максимального увлажнения приходится на стык между двумя слоями,  $\delta_w \Delta w$  в формуле (29) принимается равной сумме  $\delta_{w1} \Delta w_1 + \delta_{w2} \Delta w_2$ , где  $\delta_{w1}$  и  $\delta_{w2}$  соответствуют половинам толщин стыкующихся слоев.

Таблица 13 – 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, шунгизитобетон, перлитобетон, шлакопемзобетон)	5
4 Ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон, газосиликат и др.)	6
5 Пеногазостекло	1,5
6 Фибролит и арболит цементные	7,5
7 Минераловатные плиты и маты	3
8 Пенополистирол и пенополиуретан	25
9 Фенольно-резольный пенопласт	50
10 Теплоизоляционные засыпки из керамзита, шунгизита, шлака	3
11 Тяжелый бетон, цементно-песчаный раствор	2
* В случае, если значение сорбционной влажности материала при относительной влажности воздуха 97% меньше, чем значение влажности материала при условии эксплуатации Б, и разница между этими значениями составляет $\Delta w_c$ , % 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

$$E = (E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3) / 12, \quad (31)$$

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 по температуре в плоскости максималь-

ного увлажнения при средней температуре наружного воздуха соответствующего периода;

$Z_1, Z_2, Z_3$  – продолжительность зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов года, мес., определяемая по [6] с учетом следующих условий:

а) к зимнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха ниже минус  $5^{\circ}\text{C}$ ;

б) к весенне-осеннему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха от минус  $5^{\circ}\text{C}$  до  $5^{\circ}\text{C}$ ;

в) к летнему периоду относятся месяцы со средними температурами воздуха выше плюс  $5^{\circ}\text{C}$ ;

$\eta$  – коэффициент, определяемый по формуле

$$\eta = \frac{0,0024(E_0 - e_{н,отр})z_0}{R_{п,н}}, \quad (32)$$

где  $e_{н,отр}$  – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, Па, определяемое по [6].

Примечание – 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.

Сопротивление паропрооницанию  $R_{п}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ , чердачного перекрытия или части конструкции вентилируемого покрытия, расположенной между внутренней поверхностью покрытия и воздушной прослойкой, в зданиях со скатными кровлями должно

быть не менее требуемого сопротивления паропрооницанию  $R_{п}^{\text{TP}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ , определяемого по формуле

$$R_{п}^{\text{TP}} = 0,0012(e_{в} - e_{н,отр}), \quad (33)$$

где  $e_{в}, e_{н,отр}$  – то же, что и в формулах (28) и (32).

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 паропрооницанию покрытия в соответствии с 6.4.

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 [1, приложение Л].

### 6.3. Расположение плоскости максимального увлажнения

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

1 Для каждого слоя многослойной конструкции по формуле (34) вычисляется значение комплекса  $f_i(t_{\text{м.у.}})$ , характеризующее температуру в плоскости максимального увлажнения.

$$f_i(t_{\text{м.у.}}) = 5330 \cdot \frac{R_{o,\text{п}}(t_{\text{в}} - t_{\text{н,отр}})}{R_o^{\text{ysl}}(e_{\text{в}} - e_{\text{н,отр}})} \cdot \frac{\mu_i}{\lambda_i}, \quad (34)$$

где  $R_{o,\text{п}}$  – общее сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ , определяемое согласно пункту 3;

$R_o^{\text{ysl}}$  – условное сопротивление теплопередаче однородной многослойной (с учетом воздушной прослойки) ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ , определяемое по формулам

$$R_{o,i}^{\text{ysl}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \quad (35)$$

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s} \quad (36)$$

Величина  $R_o^{ysl}$  определяется осреднением по площади значений условных сопротивлений теплопередаче всех частей фрагмента теплозащитной оболочки здания по [1, формула Е.5] .

$t_{н, отр}$  – средняя температура наружного воздуха для периода с отрицательными среднемесячными температурами, °С;  
 $e_v$  – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетных температуре и относительной влажности воздуха в помещении;

$e_{н, отр}$  – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, Па, определяемое по [6];  
 $\lambda_i, \mu_i$  – расчетные коэффициенты теплопроводности, Вт/(м<sup>2</sup> · °С), и паропроницаемости, мг/(м · ч · Па), материала соответствующего слоя.

Для полученных значений комплекса  $f_i(t_{м.у.})$  по таблице 14 определяются значения температур в плоскости максимального увлажнения,  $t_{м.у.}$ , для каждого слоя многослойной конструкции.

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

Для определения слоя, в котором находится плоскость максимального увлажнения, производится сравнение полученных значений  $t_{м.у.}$  с температурами на границах слоев конструкции (рисунок 1). Если температура  $t_{м.у.}$  в каком-то из слоев расположена в интервале температур на границах этого слоя, то делается вывод о наличии в данном слое плоскости максимального увлажнения и определяется координата плоскости –  $x_{м.у.}$  (в предположении линейного распределения температуры внутри слоя).

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

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

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

Таблица 14 – Зависимость комплекса  $f(t_{м.у.})$  от температуры в плоскости максимального увлажнения

$t_{м.у.}, ^\circ\text{C}$	$f(t_{м.у.}),$ $(^\circ\text{C})^2 / \text{Па}$						
-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 защитным слоем, коэффициент паропроницаемости материала которого меньше, чем у материала теплоизоляционного слоя, допускается принимать плоскость максимального увлажнения на наружной границе утеплителя при условии выполнения неравенства

$$\frac{\mu_{ут}}{\lambda_{ут}} > 2$$

где  $\lambda_{ут}$ ,  $\mu_{ут}$  – расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/(м<sup>0</sup>С), и паропроницаемости, мг/(м · ч · Па), материала теплоизоляционного слоя.

Парциальное давление насыщенного водяного пара  $E$ , Па, при температуре  $t$ , °С от минус 40°С до плюс 45°С, определяется по формуле (31).

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

$$R_{\text{пi}} = \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (37)$$

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

Сопротивление паропроницанию  $R_{\text{п,о}}$ , м<sup>2</sup> · ч · Па/мг многослойной ограждающей конструкции (или ее части) равно сумме сопротивлений паропроницанию составляющих ее слоев:

$$R_{\text{п,о}} = \sum R_{\text{пi}}. \quad (38)$$

Сопротивление паропроницанию  $R_{\text{п,о}}$ , м<sup>2</sup> · ч · Па/мг, листовых материалов и тонких слоев пароизоляции следует принимать по таблице 15.

Таблица 15 – Сопротивление паропроницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции

№ п.п.	Материал	Толщина слоя, мм	Сопротивление паропроницанию $R_{\text{вп}}$ , м <sup>2</sup> · ч · Па/мг
1	Картон обыкновенный	1,3	0,016
2	Листы асбестоцементные	6	0,3
3	Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	10	0,12
4	Листы древесно-волоконистые жесткие	10	0,11
5	То же, мягкие	12,5	0,05
6	Окраска горячим битумом за один раз	2	0,3
7	То же, 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	То же, 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

### Примечания

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

2. Для обеспечения требуемого сопротивления паропрооницанию  $R_{\Pi}^{\text{тп}}$  ограждающей конструкции следует определять сопротивление паропрооницанию  $R_{\Pi}$  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 паропрооницанию в местах таких сопряжений проверяется из условия ограничения накопления влаги в сопряжениях за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха на основании расчетов температурного и влажностного полей.

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

$$t_x = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_{\text{о}}^{\text{усл}}} R_x, \quad (39)$$

где  $t_{\text{в}}$  и  $t_{\text{н}}$  – 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

$$R_x = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{\substack{\text{до сече-} \\ \text{ния } x}} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (40)$$

- Значения комплекса  $f_i(t_{M.Y.})$ ,  $t_{M.Y.}$ , °С и температур на границах слоев  $t_1$ , °С,  $t_2$ , °С в слоях ограждающей конструкции (при средней температуре наружного воздуха периода с отрицательными среднемесячными температурами).

Таблица 16 – Расчетные показатели определения положения плоскости максимального увлажнения

№ слоя	$t_{M.Y.}$ , °С	$f_i(t_{M.Y.})$	Температуры на границах слоя	
			$t_1$ , °С	$t_2$ , °С
1				
2				
...				

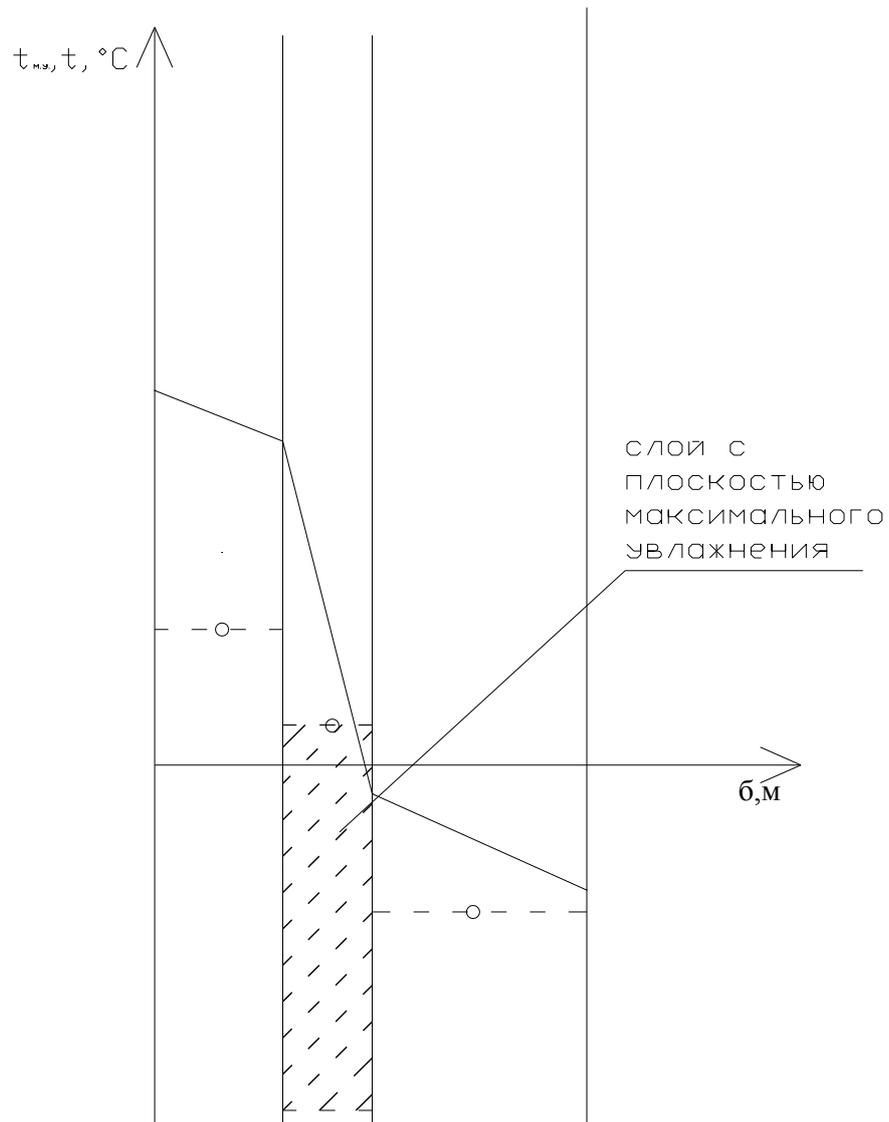
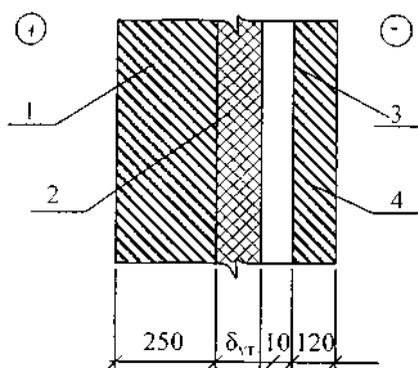


Рисунок 1 – Определение слоя с плоскостью максимального увлажнения по температурному графику и значениям  $t_{м.у}$ .

Пример 3. Определить положение плоскости максимального увлажнения для наружной стены жилого здания в г. Волгограде.



1) конструкционный материал

$\delta_1 = 0,25 \text{ м}$ ,  $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ ,

$\mu_1 = 0,11 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$ ;

2) утеплитель

$\delta_2 = 0,16 \text{ м}$ ,  $\lambda_2 = 0,082 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ ,

$\mu_2 = 0,41 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$ ;

3) воздушная прослойка;

4) конструкционный материал

Таблица П 3.1. – Климатические характеристики периода с отрицательными температурами

Холодные месяцы	I	II	III	XII	Среднее значение
t °С	-6,9	-6,5	-0,3	-4,4	-4,5
Парциальное давление	300	330	480	440	387,5

$$R_0^{\text{усл}} = 2,76$$

$$R_{\text{по}} = \sum R_{ni} = \frac{\delta_i}{\mu_i} = \frac{0,25}{0,11} + \frac{0,16}{0,41} + \frac{0,12}{0,11} = 3,75$$

$$f_i(t_{\text{м.у.}}) = 5330 \times \frac{R_{\text{п,о}}(t_{\text{в}} - t_{\text{н,отр}})}{R_0^{\text{усл}}(e_{\text{в}} - e_{\text{н,отр}})} \times \frac{\mu_i}{\lambda_i}$$

$$f_1 = 5330 \times \frac{3,75(20 + 4,5)}{2,76(1285,9 - 387,5)} \times \frac{0,11}{0,76} = 28,63$$

$$f_2 = 5330 \times \frac{3.75(20 + 4.5)}{2.76(1285.9 - 387.5)} \times \frac{0.41}{0.082} = 325.8$$

$$= -15^{\circ}\text{C}$$

$$f_3 = 28.63$$

$R_x$  – сопротивление теплопередаче части многослойной ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости, отстоящей от внутренней поверхности на расстоянии

$$R_x = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{\text{до сечения } x} \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 2,21$$

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

$$t_x = t_B - \frac{t_B - t_H}{R_0^{\text{усл}}} \times R_x = -2,14$$

Таблица П 3.2 – Расчетные показатели определения положения плоскости максимального увлажнения

№	$t_{м.у.}$	$f_i(t_{м.у.})$	Температура на границах слоя	
			$t_1$	$t_2$
1	–	28,63	18.3	13.4
2	-15 , конденсация есть	325,8	13.41	-16.8

$\frac{\mu_{ут}}{\lambda_{ут}} > 2$ , следовательно, допускается принимать плоскость максимального увлажнения на наружной границе утеплителя.

#### 6.4. Сопротивление паропрооницанию слоя и многослойной конструкции

Сопротивление паропрооницанию  $R_{пi}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ , однослойной или отдельного слоя многослойной ограждающей конструкции определяется по формуле

$$R_{пi} = \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (41)$$

где  $\delta_i$  – толщина слоя ограждающей конструкции, м;  
 $\mu_i$  – расчетный коэффициент паропрооницаемости материала слоя ограждающей конструкции,  $\text{мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$ ;

Сопротивление паропрооницанию  $R_{п,o}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ , многослойной ограждающей конструкции (или ее части) равно сумме сопротивлений паропрооницанию составляющих ее слоев

$$R_{п,o} = \sum R_{пi}, \quad (42)$$

Сопротивление паропрооницанию  $R_{п,o}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ , листовых материалов и тонких слоев пароизоляции следует принимать по таблице 17.

Таблица 17 – Сопротивление паропрооницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции

№ п.п.	Материал	Толщина слоя, мм	Сопротивление паропрооницанию $R_{vp}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$
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	То же, мягкие	12,5	0,05
6	Окраска горячим битумом за один раз	2	0,3
7	То же, 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 изоляной мастикой за один раз	2	0,60
11	Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за один раз	1	0,64
12	То же, 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

#### Примечания

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

2 Для обеспечения требуемого сопротивления паропрооницанию  $R_{п}^{тр}$  ограждающей конструкции следует определять сопротивление паропрооницанию  $R_n$  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 паропрооницанию в местах таких сопряжений проверяется из условия ограничения накопления влаги в сопряжениях за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха на основании расчетов температурного и влажностного полей.

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

$$t_x = t_B - \frac{t_B - t_H}{R_0^{y_{cл}}} R_x, \quad (43)$$

где  $t_B$  и  $t_H$  – 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  $x$ ,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ , определяемое по формуле

$$R_x = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{\substack{\text{до сече-} \\ \text{ния } x}} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (44)$$

## 7 ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Сопrotивление воздухопроницанию ограждающих конструкций, за исключением заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей), зданий и сооружений  $R_u$  должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию

$R_u^{TP}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{кг}$ , определяемого по формуле

$$R_u^{TP} = \Delta p / G_H, \quad (45)$$

где  $\Delta p$  – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па, определяемая в соответствии с разделом 7.2;

$G_H$  – нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , принимаемая в соответствии с таблицей 18.

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

$$\Delta p = 0,55H(\gamma_H - \gamma_B) + 0,03\gamma_H v^2, \quad (46)$$

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

$\gamma_H$ ,  $\gamma_B$  – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха,  $\text{Н}/\text{м}^3$ , определяемый по формуле

$$\gamma = 3463 / (273 + t), \quad (47)$$

$t$  – температура воздуха: внутреннего (для определения  $\gamma_B$ ) – принимается согласно оптимальным параметрам по [3] [4] [5]; наружного (для определения  $\gamma_H$ ) – принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по [6];

$v$  – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более,

принимаемая по [6, таблица 1\*].

### 7.1 Нормируемое сопротивление воздухопроницанию

Нормируемую поперечную воздухопроницаемость  $G_n$ , кг/(м<sup>2</sup> · ч), ограждающих конструкций зданий следует принимать по таблице 18.

Таблица 18 – Нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций [1]

Ограждающие конструкции	Поперечная 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 с деревянными переплетами; окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
7. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений с пластмассовыми или алюминиевыми переплетами	5,0
8. Окна, двери и ворота производственных зданий	8,0
9. Фонари производственных зданий	10,0
10. Окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
* В кг/(м · ч)	

## 7.2 Сопротивление воздухопроницанию ограждающей конструкции

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

$$R_u = R_{u\ 1} + R_{u\ 2} + \dots + R_{u\ n} \quad (48)$$

где  $R_{u\ 1}$ ,  $R_{u\ 2}$ , ...,  $R_{u\ n}$  – сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{кг}$ .

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  $R_u^{\text{TP}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ , определяемого по формуле

$$R_u^{\text{TP}} = (1 / G_H) \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^{2/3}, \quad (49)$$

где  $G_H$  – то же, что и в формуле (45);

$\Delta p$  – то же, что и в формуле (46);

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

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

$$R_u^{\text{TP}} = (1 / G_c) \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^n, \quad (50)$$

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

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

В случае выполнения условия  $R_u \geq R_u^{\text{тп}}$ , выбранная ограждающая конструкция удовлетворяет требованию (формула 45)

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

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

## 8 ТРЕБОВАНИЯ К РАСХОДУ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЮ ЗДАНИЙ

### 8.1 Требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий

Показателем расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого или общественного здания на стадии разработки проектной документации, является удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания численно равная расходу тепловой энергии на 1 м<sup>3</sup> отапливаемого объема здания в единицу времени при перепаде температуры в один °С,  $q_{от}$ , Вт/(м<sup>3</sup> · °С). Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию

здания,  $q_{от}^p$ , Вт/(м<sup>3</sup> · °С), определяется по методике [1, приложения Г] с учетом климатических условий района строительства, выбранных объемно-планировочных решений, ориентации здания, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, принятой системы вентиляции здания, а также применения энергосберегающих технологий. Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

должно быть меньше или равно нормируемому значению  $q_{от}^{тр}$ , Вт/(м<sup>3</sup> · °С):

$$q_{от}^p \leq q_{от}^{тр}, \quad (51)$$

где  $q_{от}^{тр}$  – 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 19 или 20.

Таблица 19 – Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых многоквартирных зданий,  $q_{от}^{тр}$ , Вт/(м<sup>3</sup> · °С) [1]

Площадь здания, 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 здания в интервале 50-1000 м<sup>2</sup> значения  $q_{от}^{тр}$  должны определяться по линейной интерполяции.

Таблица 20 – Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зда-

ний,  $q_{от}^{тр}$ , Вт/(м<sup>3</sup> · °С) [1]

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1 Жилые многоквартирные, гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290
2 Общественные, кроме перечисленных в строках 3-6	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311
3 Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	0,311
4 Дошкольные учреждения, хосписы	0,521	0,521	0,521	-	-	-	-	-
5 Сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности, технопарки, склады	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	-		
6 Административного назначения (офисы)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232
Примечание – Для регионов, имеющих значение ГСОП = 8000°С · сут и более, нормируемые $q_{от}^{тр}$ следует снизить на 5%.								

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:

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

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

## 8.2 Энергетический паспорт проекта здания

Энергетический паспорт проекта здания – это нормативный документ, который разрабатывается в целях обеспечения системы мониторинга расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданием, что подразумевает установление соответствия теплозащитных и энергетических характеристик здания нормируемым показателям, требованиям энергетической эффективности объектов капитального строительства, определяемых федеральным законодательством.

Энергетический паспорт разрабатывается при проектировании новых или реконструируемых 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.

Для оценки достигнутой в проекте здания или в эксплуатируемом здании потребности энергии на отопление и вентиляцию, установлены классы энергосбережения.

Класс энергосбережения – это характеристика энергосбережения здания, представленная интервалом значений удельного годового потребления энергии на отопление и вентиляцию, % от базового нормируемого значения. Классы энергосбережения представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Классы энергосбережения жилых и общественных зданий

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

При расчете запроектированного здания класс энергосбережения должен быть не ниже "С". Проектирование зданий с

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

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

- устройство индивидуальных тепловых пунктов, снижающих затраты энергии на циркуляцию в системах горячего водоснабжения и оснащенных автоматизированными системами управления и учета потребления энергоресурсов, горячей и холодной воды;
- применение энергосберегающих систем освещения общедомовых помещений, оснащенных датчиками движения и освещенности;
- применение устройств компенсации реактивной мощности двигателей лифтового хозяйства, насосного и вентиляционного оборудования.

Энергетический паспорт проекта здания разрабатывается отдельно для жилой и нежилой частей для жилых зданий со встроенно-пристроенными нежилыми помещениями, полезная площадь которых превышает 20% площади квартир, и для нежилых пристроенных помещений, не объединенных со встроенными помещениями.

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

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

Регулярность проведения обязательного энергетического обследования – не менее раза в пять лет.

Проверка соответствия вводимых в эксплуатацию зданий, строений, сооружений требованиям расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов осуществляет-

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

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

На стадии оформления ввода объекта строительства в эксплуатацию – проектная организация на основе анализа отступлений от проекта, допущенных при строительстве, разрабатывает перечень мероприятий по повышению энергетической эффективности здания.

В случае необходимости (несогласованное отступление от проекта, отсутствие необходимой технической документации, брак) инспекция Государственного строительного надзора вправе потребовать у Заказчика подтверждения соответствия основных показателей энергоэффективности и теплозащитных параметров проекту, расчетно-экспериментальными методами, включая испытания конструкций и инженерных систем объекта.

Энергетический паспорт здания заполняется по форме, представленной в приложении Е. Энергетический паспорт проекта здания разрабатывает проектная организация в составе раздела "Энергоэффективность".

Как уже было ранее сказано, составление энергетического паспорта сводится к определению класса энергосбережения здания. В свою очередь, для этого необходимо определить расчетную (фактическую) величину удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания и найти % отклонения от нормативной (базовой) величины, приведенной в приложении Б.

Пошаговая методика расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий представлена ниже.

*Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q_{от}^P$ , Вт/(м<sup>3</sup> · °С) – количество тепловой энергии, необходимое для компенсации теплопо-*

терь здания за отопительный период с учетом воздухообмена и дополнительных тепловыделений при нормируемых параметрах теплового и воздушного режимов помещений в нем, отнесенное к единице площади или к единице отапливаемого объема:

$$q_{от}^P = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад})\psi\xi](1 - \xi)\beta_h, (52)$$

где  $k_{об}$  – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°C);

$k_{вент}$  – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°C);

$k_{быт}$  – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°C);

$k_{рад}$  – удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м<sup>3</sup>·°C);

$\xi$  – 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  $\beta_h = 1,05$ .

$\psi$  – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления:

$\psi = 1,0$  – 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.

$\nu$  – коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций:

$$\nu = 0,7 + 0,000025(\text{ГСОП} - 1000) \quad (53)$$

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода,  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}/\text{год}$ :

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})z_{\text{от}}, \quad (54)$$

$t_{\text{от}}$ ,  $z_{\text{от}}$  – средняя температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ , и продолжительность, сут/год, отопительного периода;

$t_{\text{в}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха здания,  $^{\circ}\text{C}$ .

1. Удельная теплозащитная характеристика здания,  $k_{\text{об}}$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C})$ :

$$k_{\text{об}} = \frac{1}{V_{\text{об}}} \sum_i \left( n_{f,i} \frac{A_{\text{ф},i}}{R_{\text{о},i}^{\text{пр}}} \right) = K_{\text{комп}} K_{\text{общ}}, \quad (55)$$

где  $R_{\text{о},i}^{\text{пр}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче  $i$ -го фрагмента теплозащитной оболочки здания,  $(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$ ;

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

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

$n_{t,i}$  – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП:

$$n_{t,i} = \frac{t_{в}^* - t_{от}^*}{t_{в} - t_{от}}, \quad (56)$$

$t_{в}^*$ ,  $t_{от}^*$  – средняя температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, °С;

$t_{в}$ ,  $t_{от}$  – то же, что в формуле (3).

$K_{общ}$  – общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°С):

$$K_{общ} = \frac{1}{A_{н}^{сум}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{фj}}{R_{о,j}^{пр}} \right), \quad (57)$$

$K_{комп}$  – коэффициент компактности здания, м<sup>-1</sup>:

$$K_{комп} = \frac{A_{н}^{сум}}{V_{от}}; \quad (58)$$

$A_{н}^{сум}$  – сумма площадей (по внутреннему обмеру всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания, м<sup>2</sup>.

Совокупность фрагментов теплозащитной оболочки здания, характеристики которых используются в формуле (55) должна полностью замыкать оболочку отапливаемой части здания.

Расчет удельной теплозащитной характеристики здания оформляется в виде таблицы, содержащей следующие сведения:

1 наименование каждого фрагмента, составляющего оболочку здания;

2 площадь каждого фрагмента;

3 приведенное сопротивление теплопередаче каждого фрагмента;

4 коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у фрагмента конструкции от принятых в

расчете ГСОП.

После определения удельной теплозащитной характеристики здания необходимо определить нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания  $k_{об}^{ТР}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°C) по таблице 7.

Должно выполняться условие: удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения  $k_{об} \leq k_{об}^{ТР}$ .

2. Удельная вентиляционная характеристика здания,  $k_{вент}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°C):

$$k_{вент} = 0,28c_{в} \beta_{в} \rho_{в}^{вент} (1 - k_{эф}), \quad (59)$$

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

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

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

$$\rho_{в}^{вент} = 353 / [273 + t_{от}], \quad (60)$$

$n_{в}$  – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч<sup>-1</sup>;

$k_{эф}$  – коэффициент эффективности рекуператора, 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>.

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период  $n_{в}$ , ч<sup>-1</sup>, рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации:

$$n_B = [(L_{\text{вент}} n_{\text{вент}}) / 168 + (G_{\text{инф}} n_{\text{инф}}) / (168 \rho_B^{\text{вент}})] / (\beta_v V_{\text{от}}), \quad (61)$$

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 –  $3A_{\text{ж}}$ ;

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

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

$A_{\text{ж}}$ ,  $A_{\text{р}}$  – для жилых зданий – площадь жилых помещений ( $A_{\text{ж}}$ ), к которым относятся спальни, детские, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые; для общественных и административных зданий – расчетная площадь ( $A_{\text{р}}$ ), определяемая 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;

$p_{\text{вент}}$  – 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 для общественных зданий – воздуха, поступающего через неплотности

## Инженерные расчеты основ проектирования систем обеспечения микроклимата

светопрозрачных конструкций и дверей; допускается принимать для общественных зданий в нерабочее время в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным

$0,18 \sqrt{V_{\text{общ}}}$ , от четырех до девяти этажей –  $0,158 \sqrt{V_{\text{общ}}}$ ,

выше девяти этажей –  $0,28 \sqrt{V_{\text{общ}}}$ , где  $V_{\text{общ}}$  - отапливаемый объем общественной части здания;

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

$V_{\text{от}}$  – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий,  $\text{м}^3$ ;

В случае, 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 отапливаемый объем). Все полученные средние кратности воздухообмена суммируются и суммарный коэффициент подставляется в формулу (8) для расчета удельной вентиляционной характеристики здания.

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, определяются по формуле

$$G_{\text{инф}} = (A_{\text{ок}} / R_{\text{н, ок}}^{\text{тр}})(\Delta p_{\text{ок}} / 10)^{2/3} + (A_{\text{дв}} / R_{\text{н, дв}}^{\text{тр}})(\Delta p_{\text{дв}} / 10)^{1/2} \quad (62)$$

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

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

$\Delta p_{\text{ок}}$  и  $\Delta p_{\text{дв}}$  – соответственно расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха, Па, для окон и балконных дверей и входных наружных дверей:

$$\Delta p = 0,55H(\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{в}}) + 0,03\gamma_{\text{н}}v^2, \quad (63)$$

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

$\gamma_{\text{н}}$ ,  $\gamma_{\text{в}}$  – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м<sup>3</sup>:

$$\gamma = 3463/(273 + t), \quad (64)$$

$t$  – температура воздуха: внутреннего (для определения  $\gamma_{\text{в}}$ ) – принимается согласно оптимальным параметрам по [3], [4], [5]; наружного (для определения  $\gamma_{\text{н}}$ ) – принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по [6];

$v$  – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая по [6].

– для окон и балконных дверей по формуле (63) с заменой в ней величины 0,55 на 0,28 и с вычислением удельного веса по формуле (64) при температуре воздуха равной  $t_{\text{от}}$ .

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  $0,18vV_{\text{общ}}$ , от четырех до девяти этажей –  $0,158vV_{\text{общ}}$ , выше девяти этажей –  $0,28vV_{\text{общ}}$ , где  $V_{\text{общ}}$  – 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  $0,38vV_{\text{ЛЛУ}}$ , от четырех до девяти этажей –  $0,458vV_{\text{ЛЛУ}}$ , выше девяти этажей –  $0,68vV_{\text{ЛЛУ}}$ , где  $V_{\text{ЛЛУ}}$  – отопляемый объем лестнично-лифтовых холлов здания. Для ЛЛУ без поэтажных выходов на балконы количество инфильтрующегося воздуха, полученное по упрощенным формулам следует уменьшать в два раза.

*3. Удельная характеристика бытовых тепловыделений зда-*

ния,  $k_{\text{быт}}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} A_{\text{ж}}}{V_{\text{от}} (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})}, \quad (65)$$

где  $q_{\text{быт}}$  – величина бытовых тепловыделений на  $1 \text{ м}^2$  площади жилых помещений ( $A_{\text{ж}}$ ) или расчетной площади общественного здания ( $A_{\text{р}}$ ),  $\text{Вт}/\text{м}^2$ , принимаемая для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее  $20 \text{ м}^2$  общей площади на человека  $q_{\text{быт}} = 17 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ;

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

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

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

4. Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации,  $k_{\text{рад}}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ :

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{(V_{\text{от}} \Gamma \text{СОП})}, \quad (66)$$

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

$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = \tau_{1\text{ок}} \tau_{2\text{ок}} (A_{\text{ок1}} I_1 + A_{\text{ок2}} I_2 + A_{\text{ок3}} I_3 + A_{\text{ок4}} I_4) + \tau_{1\text{фон}} \tau_{2\text{фон}} A_{\text{фон}} I_{\text{гор}}, \quad (67)$$

$\tau_{1\text{ок}}, \tau_{1\text{фон}}$  – коэффициенты относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений соответственно окон и зенитных фонарей, принимаемые по паспортным данным соответствующих светопропускающих

## Инженерные расчеты основ проектирования систем обеспечения микроклимата

изделий; при отсутствии данных следует принимать по приложению Г; 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;

$\tau_{2ок}, \tau_{2фон}$  – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема соответственно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, принимаемые по проектным данным; при отсутствии данных следует принимать по [1, приложение Г];

$A_{ок1}, A_{ок2}, A_{ок3}, A_{ок4}$  – площадь светопроемов фасадов здания (глухая часть балконных дверей исключается), соответственно ориентированных по четырем направлениям,  $m^2$ ;

$A_{фон}$  – площадь светопроемов зенитных фонарей здания,  $m^2$ ;

$I_1, I_2, I_3, I_4$  – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания,  $MДж/(m^2 \cdot год)$ ;

$I_{гор}$  – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности,  $MДж/(m^2 \cdot год)$ ;

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q$ ,  $кВт \cdot ч/(m^3 \cdot год)$  или  $кВт \cdot ч/(m^2 \cdot год)$ :

$$q = 0,024 ГСО П q_{от}^P, \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(m^3 \cdot \text{год}), \quad (68)$$

$$q = 0,024 ГСО П q_{от}^P h, \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(m^2 \cdot \text{год}), \quad (68a)$$

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

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

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $Q_{от}^{год}$ ,  $кВт \cdot ч/год$ :

$$Q_{от}^{год} = 0,024 ГСОП V_{от} q_{от}^p \quad (69)$$

Общие теплотери здания за отопительный период  $Q_{общ}^{год}$ , кВт·ч/год:

$$Q_{общ}^{год} = 0,024 ГСОП V_{от} (k_{об} + k_{вент}), \quad (70)$$

На основе представленной методики разработана блок-схема, с помощью которой может решаться как прямая задача расчета – определение класса энергосбережения объекта, так и обратная задача – проектирование нового или реконструируемого здания с «необходимым» классом энергосбережения.

Повысить класс энергосбережения на стадии проектирования, теоретически возможно, уменьшив или увеличив любую величину входящую в вышеприведенные формулы методики. Но на практике не всегда есть возможность изменить архитектурные и технологические решения здания. Да и климатические параметры района строительства и внутренний температурный режим не изменяемы.

Приведем те теплотехнические и климатические величины, оперируя которыми мы можем решить «обратную» задачу и за проектировать здание необходимого класса энергосбережения:

Приведенное сопротивление теплопередаче  $i$ -го фрагмента теплозащитной оболочки здания,  $R_{0,2}^{пр}$  ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )/Вт увеличивать. Для этого при проведении расчетов на стадии проектирования, в частности, при определении удельной теплозащитной характеристики здания,  $k_{об}$ , необходимо проанализировать расчетную таблицу с точки зрения наружных ограждающих конструкций, вносящих наибольший вклад в тепловые потери здания. «Откорректировав» теплозащитную оболочку здания за счет повышения приведенных сопротивлений теплопередачи «слабых мест» удельная теплозащитная характеристика здания изменяется относительно нормируемой величины, тем самым повышая класс энергосбережения до «необходимого» значения. Например, при проектировании здания замена однокамерного стеклопакета двухкамерным повышает сопротивление теплопередачи окна, что позволяет снизить удельную теплозащитную характеристику здания. Таким же образом, увеличивая толщину утеплителя наружных

ограждений (наружных стен, покрытия, перекрытия над неотапливаемым подвалом и др.) мы увеличиваем их сопротивление теплопередачи, тем самым снижая удельной теплозащитной характеристики здания,  $k_{об}$ . Снижение удельной характеристики  $k_{об}$ , как видно из формулы (52) приводит к уменьшению величины удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q_{от}^p$ . Тем самым мы имеем возможность повысить класс энергосбережения (в соответствии с таблицей 21).

Установка рекуператоров систем вентиляции, тем самым значение коэффициент эффективности рекуператора  $k_{эф}$  увеличивает и становится отличным от нуля. Это приводит к снижению величины удельной вентиляционной характеристики здания  $k_{вент}$ , что в свою очередь приводит к уменьшению величины удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q_{от}^p$ .

Снизить количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке  $L_{вент}$ , либо число часов работы механической вентиляции в течение недели  $n_{вент}$ .

Повысить бытовые тепловыделения  $q_{быт}$ , учитывающие тепловыделения от людей, находящихся в здании, освещения (по установочной мощности) и оргтехники с учетом рабочих часов в неделю.

Применение заполнения светового проема с повышенными значениями коэффициентов относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений окон  $\tau_{1ок}$  и зенитных фонарей  $\tau_{1фон}$ , а также коэффициенты, учитывающие затенение светового проема окон  $\tau_{2ок}$  и зенитных фонарей  $\tau_{2фон}$  непрозрачными элементами заполнения.

Увеличении коэффициента эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления  $\xi$  путем применение автоматизированных систем управления и учета потребления энергоресурсов.

Наглядное решение прямой и обратной задач представлено на рисунке 2.

Условные обозначения к рисунку 2:

- «прямая» задача определения класса энергосбережения.
- ← «обратная» задача повышения класса энергосбережения.



понижение величины.



повышение величины.

Пример расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, приведен в приложении И.

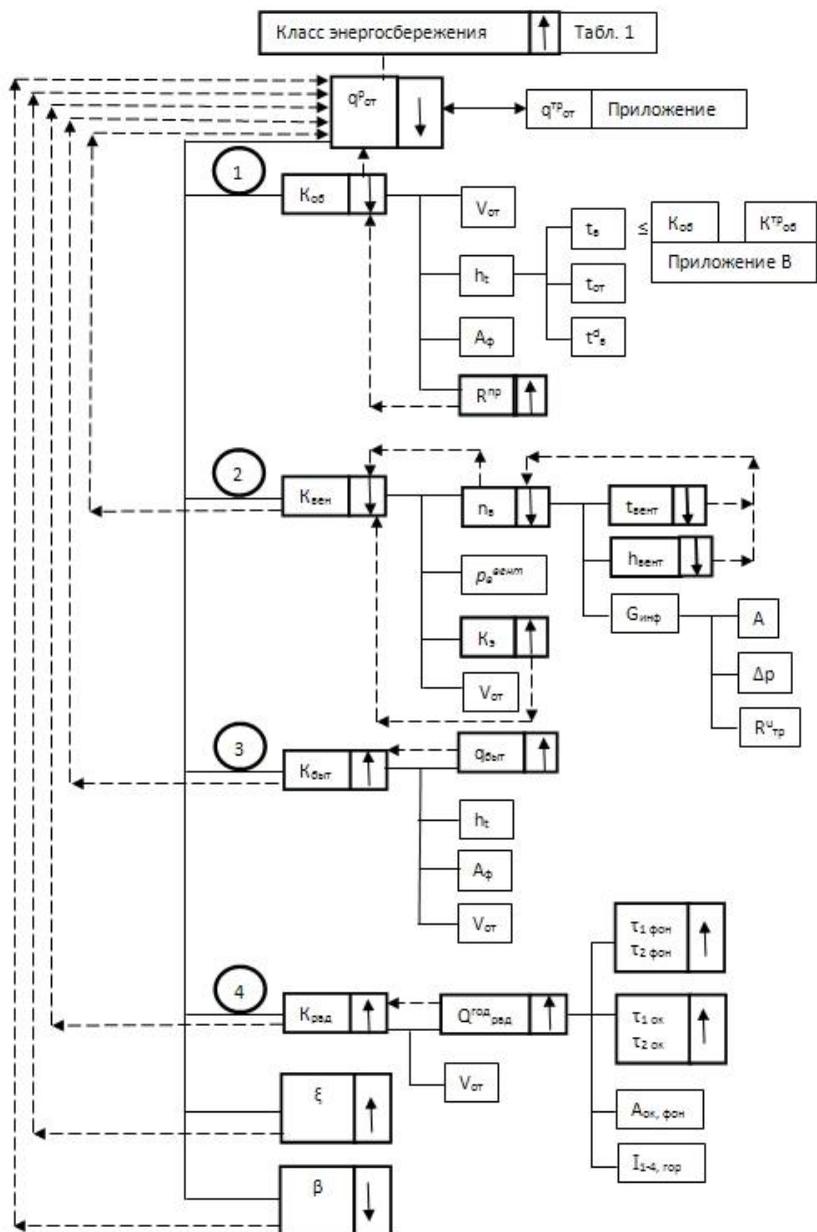


Рисунок 2 – Блок-схема определения класса энергосбережения здания

## ЛИТЕРАТУРА

1. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;
2. Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенически требования к воздуху рабочей зоны».
4. ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
5. СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях».
6. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».
7. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

### **КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ**

#### **(ГОСТ 30494-2011)**

Помещения 1-й категории – помещения, в которых люди в положении лежа или сидя находятся в состоянии покоя и отдыха.

Помещения 2-й категории – помещения, в которых люди заняты умственным трудом, учебной.

Помещения 3а категории – помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды.

Помещения 3б категории – помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя в уличной одежде.

Помещения 3в категории – помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении стоя без уличной одежды.

Помещения 4-й категории – помещения для занятий подвижными видами спорта.

Помещения 5-й категории – помещения, в которых люди находятся в полураздетом виде (раздевалки, процедурные кабинеты, кабинеты врачей и т.п.).

Помещения 6-й категории – помещения с временным пребыванием людей (вестибюли, гардеробные, коридоры, лестницы, санузлы, курительные, кладовые).

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**ОПТИМАЛЬНЫЕ И ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ТЕМПЕРАТУРЫ, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ**  
**ВЛАЖНОСТИ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА В ОБСЛУЖИВАЕМОЙ ЗОНЕ**  
**ПОМЕЩЕНИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ И ОБЩЕЖИТИЙ**  
**(ГОСТ 30494-2011)**

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Холодный	Жилая комната	20-22	18-24 (20-24)	19-20	17-23 (19-23)	45-30	60	0,15	0,2
1	То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	21-23	20-24 (22-24)	20-22	19-23 (21-23)	45-30	60	0,15	0,2
	Кухня	19-21	18-26	18-20	17-25	НН*	НН	0,15	0,2
	Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	НН	НН	0,15	0,2
	Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	23-27	17-26	НН	НН	0,15	0,2
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Помещения для отдыха и учебных занятий	20-22	18-24	19-21	17-23	45-30	60	0,15	0,2
	Межквартирный коридор	18-20	16-22	17-19	15-21	45-30	60	0,15	0,2
	Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	15-17	13-19	НН	НН	0,2	0,3
Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	НН	НН	НН	НН	
Теплый	Жилая комната	22-25	20-28	22-24	18-27	60-30	65	0,2	0,3

\*НН – не нормируется

Примечание – Значения в скобках относятся к домам для престарелых и инвалидов.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### ОПТИМАЛЬНЫЕ И ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ТЕМПЕРАТУРЫ, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА В ОБСЛУЖИВАЕМОЙ ЗОНЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ (ГОСТ 30494-2011)

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Холодный	1 категория	20-22	18-24	19-20	17-23	45-30	60	0,2	0,3
	2 категория	19-21	18-23	18-20	17-22	45-30	60	0,2	0,3
	3а категория	20-21	19-23	19-20	19-22	45-30	60	0,2	0,3
	3б категория	14-16	12-17	13-15	13-16	45-30	60	0,2	0,3
	3в категория	18-20	16-22	17-20	15-21	45-30	60	0,2	0,3
	4 категория	17-19	15-21	16-18	14-20	45-30	60	0,2	0,3
	5 категория	20-22	20-24	19-21	19-23	45-30	60	0,15	0,2
	6 категория	16-18	14-20	15-17	13-19	НН*	НН	НН	НН
	Ванные, душевые	24-26	18-28	23-25	17-27	НН	НН	0,15	0,2
<b>Детские дошкольные учреждения</b>									
	Групповая раздевальная и туалет: -для ясельных и младших групп; -для средних и дошкольных групп	21-23	20-24	20-22	19-23	45-30	60	0,1	0,15
		19-21	18-25	18-20	17-24	45-30	60	0,1	0,15
	Спальня: -для ясельных и младших групп; -для средних и дошкольных групп	20-22	19-23	19-21	18-22	45-30	60	0,1	0,15
		19-21	18-23	18-22	17-22	45-30	60	0,1	0,15
Теплый	Помещения с постоянным пребыванием людей	23-25	18-28	22-24	19-27	60-30	65	0,3	0,5

НН\* - не нормируется

Примечание – для детских дошкольных учреждений, расположенных в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже, допустимую расчетную температуру воздуха в помещении следует принимать на 1 °С выше указанной в таблице.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### ОПТИМАЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ (САНПИН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III (более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa (175-233)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### ДОПУСТИМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ (САНПИН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75*	0,1	0,1
	Iб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
	IIa (175-232)	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	IIб (233-290)	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0-15,9	18,1-21,0	12,0-22,0	15-75	0,2	0,4
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75*	0,1	0,2
	Iб (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75*	0,1	0,3
	IIa (175-232)	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75*	0,1	0,4
	IIб (233-290)	16,0-18,9	21,1-27,0	15,0-28,0	15-75*	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0-17,9	20,1-26,0	14,0-27,0	15-75*	0,2	0,5

• При температурах воздуха на рабочих местах 25 °С и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы: 70% - при температуре воздуха 25 °С, 65% – при 26°С, 60% – при 27°С, 55% – при 28°С.

• При температурах воздуха 26 – 28 °С допустимая скорость движения воздуха в теплый период года должна соответствовать диапазону: 0,1- 0,2 м/с при категории работ Ia; 0,1-0,3 – при категории Ib; 0,2-0,4 – при категории IIa; 0,2-0,5 – при категории IIб и III.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

### ФОРМА ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПАСПОРТА ПРОЕКТА ЗДАНИЯ

#### 1 Общая информация

Дата заполнения (число, месяц, год)	
Адрес здания	
Разработчик проекта	
Адрес и телефон разработчика	
Шифр проекта	
Назначение здания, серия	
Этажность, количество секций	
Количество квартир	
Расчетное количество жителей или служащих	
Размещение в застройке	
Конструктивное решение	

#### 2 Расчетные условия

Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1 Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	$t_{\text{н}}$	°С	
2 Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{\text{от}}$	°С	
3 Продолжительность отопительного периода	$z_{\text{от}}$	Сут/год	
4 Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°С·сут/год	
5 Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	$t_{\text{в}}$	°С	
6 Расчетная температура чердака	$t_{\text{черд}}$	°С	
7 Расчетная температура техподполья	$t_{\text{подп}}$	°С	

**Показатели геометрические**

Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
8 Сумма площадей этажей здания	$A_{от}, м^2$		
9 Площадь жилых помещений	$A_{ж}, м^2$		
10 Расчетная площадь (общественных зданий)	$A_{р}, м^2$		
11 Отапливаемый объем	$V_{от}, м^3$		
12 Коэффициент остекленности фасада здания	$f$		
13 Показатель компактности здания	$K_{комп}$		
14 Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	$A_{н}^{сум}, м^2$		
фасадов	$A_{фас}$		
стен (раздельно по типу конструкции)	$A_{ст}$		
окон и балконных дверей	$A_{ок.1}$		
витражей	$A_{ок.2}$		
фонарей	$A_{ок.3}$		
окон лестнично-лифтовых узлов	$A_{ок.4}$		
балконных дверей наружных переходов	$A_{дв}$		
входных дверей и ворот (раздельно)	$A_{дв}$		
покрытий (совмещенных)	$A_{покр}$		
чердачных перекрытий	$A_{черд}$		
перекрытий "теплых" чердаков (эквивалентная)	$A_{черд.т}$		
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)	$A_{цок3}$		

**Показатели теплотехнические**

Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
15 Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе:	$R_o^{пр}, м^2 \cdot ^\circ C/Вт$			
стен (раздельно по типу конструкции)	$R_{o, ст}^{пр}$			
окон и балконных дверей	$R_{o, ок1}^{пр}$			
витражей	$R_{o, ок2}^{пр}$			
фонарей	$R_{o, ок3}^{пр}$			
окон лестнично-лифтовых узлов	$R_{o, ок4}^{пр}$			
балконных дверей наружных переходов	$R_{o, дв}^{пр}$			
входных дверей и ворот (раздельно)	$R_{o, дв}^{пр}$			
покрытий (совмещенных)	$R_{o, покр}^{пр}$			
чердачных перекрытий	$R_{o, черд}^{пр}$			
перекрытий "теплых" чердаков (эквивалентное)	$R_{o, черд.т}^{пр}$			
перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентное)	$R_{o, цок1}^{пр}$			
перекрытий над проездами или под эркерами	$R_{o, цок2}^{пр}$			
стен в земле и пола по грунту (раздельно)	$R_{o, цок3}^{пр}$			

**Показатели вспомогательные**

Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
16 Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_{\text{общ}}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$		
17 Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_{\text{в}}, \text{ч}^{-1}$		
18 Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{\text{быт}}, \text{Вт}/\text{м}^2$		
19 Тарифная цена тепловой энергии для проектируемого здания	$C_{\text{тепл}}, \text{руб}/\text{кВт}\cdot\text{ч}$		

**6 Удельные характеристики**

Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
20 Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{\text{об}}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$		
21 Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{\text{вент}}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$		
22 Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{\text{быт}}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$		
23 Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{\text{рад}}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$		

**7 Коэффициенты**

Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя
24 Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	$\zeta$	
25 Коэффициент, учитывающий снижение тепlopотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	$\xi$	
26 Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{\text{эф}}$	
27 Коэффициент, учитывающий снижение использования тепlopоступлений в период превышения их над тепlopотерями	$\nu$	
28 Коэффициент учета дополнительных тепlopотерь системы отопления	$\beta_h$	

### 8 Комплексные показатели расхода тепловой энергии

Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Значение показателя
29 Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^P, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$	
30 Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^{TP}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$	
31 Класс энергосбережения		
32 Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите		

### 9 Энергетические нагрузки здания

Показатель	Обозначение	Единица измерений	Значение показателя
33 Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q$	кВт·ч/( $\text{м}^3 \cdot \text{год}$ ) кВт·ч/( $\text{м}^2 \cdot \text{год}$ )	
34 Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$Q_{от}^{\text{год}}$	кВт·ч/(год)	
35 Общие теплотери здания за отопительный период	$Q_{общ}^{\text{год}}$	кВт·ч/(год)	

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**
**ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАТЕНЕНИЯ СВЕТОВОГО ПРОЕМА  $\tau_{2ок}$   $T_F$  И  $\tau_{2фон}$  И ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПРОНИКАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ  $\tau_{1ок}$  И  $\tau_{1фон}$  СООТВЕТСТВЕННО ОКОН И ЗЕНИТНЫХ ФОНАРЕЙ**

№ п.п.	Заполнение светового проема	Коэффициенты			
		в деревянных или ПВХ переплетах		в металлических переплетах	
		$\tau_{2ок}$ и $\tau_{2фон}$	$\tau_{1ок}$ и $\tau_{1фон}$	$\tau_{2ок}$ и $\tau_{2фон}$	$\tau_{1ок}$ и $\tau_{1фон}$
1	Двойное остекление в спаренных переплетах	0,75/0,7	0,85	-	-
2	Двойное остекление в отдельных переплетах	0,65/0,6	0,85	0,8/0,6(0,8)	0,85
3	Блоки стеклянные пустотные (с шириной швов 6 мм) размером, мм:				
	194 ´ 194 ´ 98	0,9	0,65 (без переплета)		
	244 ´ 244 ´ 98	0,9	0,7 (без переплета)		
4	Профильное стекло коробчатого сечения	0,9	0,75 (без переплета)		
5	Двойное из органического стекла для зенитных фонарей	0,9	0,9	-	-
6	Тройное из органического стекла для зенитных фонарей	0,9	0,83	-	-
7	Тройное остекление в раздельно-спаренных переплетах	0,5/-	0,76	0,7/-	0,76
8	Однокамерный стеклопакет из стекла:				
	обычного	0,8/-	0,85	0,9/-	0,85
	с твердым селективным покрытием	0,8/-	0,57	0,9/-	0,57
	с мягким селективным покрытием	0,8/-	0,57	0,9/-	0,57
9	Двухкамерный стеклопакет из стекла:				
	обычного (с межстекольным расстоянием 6 мм)	0,78/-	0,76	0,85/-	0,76
	обычного (с межстекольным расстоянием 12 мм)	0,78/-	0,76	0,85/-	0,76
	с твердым селективным покрытием	0,78/-	0,51	0,85/-	0,51
	с мягким селективным покрытием	0,78/-	0,51	0,85/-	0,51
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,78/-	0,51	0,85/-	0,51
10	Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в отдельных переплетах из стекла:				
	обычного	0,75/-	0,76	-	-
	с твердым селективным покрытием	0,75/-	0,51	-	-
	с мягким селективным покрытием	0,75/-	0,51	-	-
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,75/-	0,51		
11	Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в отдельных переплетах из стекла:				
	обычного	0,73/-	0,72	-	-
	с твердым селективным покрытием	0,73/-	0,48	-	-
	с мягким селективным покрытием	0,73/-	0,48	-	-
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,73/-	0,48		
12	Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7/-	0,72	-	-
13	Два однокамерных стеклопакета в отдельных переплетах	0,6/-	0,72	-	-
14	Четырехслойное остекление в двух спаренных переплетах	0,5/-	0,72	-	-

№ п.п.	Заполнение светового проема	Коэффициенты			
		в деревянных или ПВХ переплетах		в металлических переплетах	
		$\tau_{2ок}$ и $\tau_{2фон}$	$\tau_{1ок}$ и $\tau_{1фон}$	$\tau_{2ок}$ и $\tau_{2фон}$	$\tau_{1ок}$ и $\tau_{1фон}$

**Примечания**

1. К мягким селективным покрытиям стекла относят покрытия с тепловой эмиссией менее 0,15, к твердым - более 0,15.

2. Перед чертой приведены значения  $t$  для светопрозрачных конструкций жилых, общественных и вспомогательных зданий, за чертой - промышленных зданий, в скобках - для светопрозрачных конструкций с глухими переплетами.

## ПРИЛОЖЕНИЕ И ПРИМЕР РАСЧЕТА

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ЗДАНИЯ

#### Общая информация

Расчетные условия

1	Расчетная температура внутреннего воздуха	$t_B$	°С	20
2	Расчетная температура наружного воздуха	$t_n$	°С	-28
3	Расчетная температура теплого чердака	$t_{черд}$	°С	—
4	Расчетная температура техподполья	$t_{подп}$	°С	8
5	Продолжительность отопительного периода	$Z_{от}$	сут	216
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°С	-3,1
7	Градусо-сутки отопительного периода	$GCO$ $\Pi$	°С·сут	4990

## Геометрические и теплоэнергетические показатели

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5	6
<i>Геометрические показатели</i>					
8	Сумма площадей этажей здания	$A_{от}, м^2$	—	13080	
9	Площадь жилых помещений	$A_{ж}, м^2$	—	3793	
10	Расчетная площадь (общественных зданий)	$A_{р}, м^2$	—	1229	
11	Отапливаемый объем здания	$V_{от}, м^3$	—	34229	
12	Коэффициент остекленности фасада здания	$f$		0	
13	Показатель компактности здания	$k_{комп}$		0,36	
14	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания	$A_{н, сум}, м^2$	—	12415,0	
	В том числе:				
	фасадов	$A_{фас}, м^2$	—	9145	
	навесной фасадной системы с основанием из керамзитобетона	$A_{ст1}, м^2$	—	3909	
	навесной фасадной системы с основанием из железобетона	$A_{ст2}, м^2$	—	944	
	трехслойной стены по кладке из керамзитобетона	$A_{ст3}, м^2$	—	1838	
	трехслойной стены по монолитному железобетону	$A_{ст4}, м^2$	—	577	
	входных дверей	$A_{дв}, м^2$	—	64	
	покрытий (совмещенных)	$A_{кр1}, м^2$	—	339	
	эксплуатируемой кровли	$A_{кр2}, м^2$	—	1296	
	перекрытий над техподпольями	$A_{цок1}, м^2$	—	1550	
перекрытий над проездами и под эркерами	$A_{цок2}, м^2$	—	85		

1	2	3	4	5	6
	окон и балконных дверей	$A_{ок.1}, \text{ м}^2$	—	1383	
	окон лестнично-лифтовых узлов	$A_{ок.2}, \text{ м}^2$	—	430	
	окон по сторонам света		—		
	С		—	142	
	СВ		—	366	
	В		—	103	
	ЮВ		—	286	
	Ю		—	67	
	ЮЗ		—	477	
	З		—	49	
	СЗ		—	323	

Теплотехнические показатели				
Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе:	$R_{о.пр}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$			
навесной фасадной системы с основанием из керамзитобетона	$R_{о.ст1}^{пр}$		3,16	
навесной фасадной системы с основанием из железобетона	$R_{о.ст2}^{пр}$		3,34	
трехслойной стены по кладке из керамзитобетона	$R_{о.ст3}^{пр}$		3,19	
трехслойной стены по монолитному железобетону	$R_{о.ст4}^{пр}$		3,42	
окон и балконных дверей	$R_{ок1}$		0,65	
окон лестнично-лифтовых узлов	$R_{ок2}$		0,65	
входных дверей	$R_{дв}$		0,83	
покрытий (совмещенных)	$R_{кр1}$		4,48	
эксплуатируемой кровли	$R_{кр2}$		5,55	
перекрытий над техническими подпольями	$R_{цок1}$		1,88	
перекрытий над проездами и под эркерами	$R_{цок2}$		4,86	

*Показатели вспомогательные*

Приведенный трнсмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_{тр}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$			
Кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_{в}, \text{ ч}^{-1}$	—	0,296	
Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{int}, \text{ Вт}/\text{м}^2$	—	15,6	
Тарифная цена тепловой энергии для проектируемого здания	$C_{тепл}, \text{ рубл.}/\text{кВт ч}$			

Удельная теплозащитная характеристика здания	$K_{об}, Вт/(м^3 \cdot ^\circ C)$		0,168	
Удельная вентиляционная характеристика здания	$K_{вент}, Вт/(м^3 \cdot ^\circ C)$		0,198	
Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$K_{быт}, Вт/(м^3 \cdot ^\circ C)$		0,075	
Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации	$K_{рад}, Вт/(м^3 \cdot ^\circ C)$		0,071	

## Коэффициенты

Коэффициент эффективности авторегулирования	$\zeta$		0,95	
Коэффициент, учитывающий снижение тепlopотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	$\xi$		0	
Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{эф}$		0	
Коэффициент, учитывающий снижение использования тепlopоступлений в период превышения их над тепlopотерями	$\nu$		0,8	
Коэффициент учета дополнительного тепlopотребления	$\beta_h$		1,13	

## Комплексные показатели расхода тепловой энергии

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания	$q^{пот}, Вт/(м^3 \cdot ^\circ C \cdot сут)$	0,288	
	$[Вт/(м^2 \cdot ^\circ C \cdot сут)]$		
Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания	$q^{нр}, Вт/(м^3 \cdot ^\circ C \cdot сут)$	0,319	
	$[Вт/(м^2 \cdot ^\circ C \cdot сут)]$		
Класс энергетической эффективности	Высокий	В	

## Энергетические нагрузки здания

Удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период	$q \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(м^3 \text{ год})$		
	$q \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(м^2 \text{ год})$	90,3	
Расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период	$Q^{год}_{от}, \text{ кВт ч/год}$	1180588	
Общие тепlopотери здания за отопительный период	$Q^{год}_{общ}, \text{ кВт ч/год}$	1500331	

## Удельная теплозащитная характеристика здания

$$k_{об}^{TP} = \begin{cases} \frac{4,74}{0,00013 \cdot \GammaСОП + 0,61} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{V_{от}}} & V_{от} \leq 960 \\ 0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}} & V_{от} > 960 \\ \frac{10}{0,00013 \cdot \GammaСОП + 0,61} & \end{cases}$$

$$K_{об} = 0,168 \quad K_{об}^{TP} = 0,17 \quad K_{об}^{TP} > K_{об}$$

Наименование фрагмента	t <sub>пом</sub>	n <sub>i,j</sub>	A <sub>ф,л</sub> , М <sup>2</sup>	R <sup>пo,i,r</sup> , (М <sup>2</sup> *0С)/Вт	n <sub>i,j</sub> *(A <sub>ф,л</sub> /R <sup>пo,i,r</sup> , Вт/0С)	%
Стена 1тип	20	1	3406	3,16	1078	18,7
	18	0,913	503		145	2,5
Стена 2тип	20	1	608	3,34	182	3,2
	18	0,913	336		92	1,6
Стена 3тип	20	1	1783	3,19	559	9,7
	18	0,913	55		16	0,3
Стена 4тип	20	1	447	3,42	131	2,3
	18	0,913	130		35	0,6
Покрытие 1тип	18	0,913	339	4,48	69	1,2
Покрытие 2тип	18	0,913	1296	5,55	213	3,7
Перекрытие над подвалом	8,9	0,519	1550	1,88	428	7,4
Перекрытие над проездом	20	1	85	4,86	17	0,3
Окна	20	1	1383	0,65	2128	36,9
	18	0,913	430		604	10,5
Входные двери	18	0,913	64	0,83	70	1,2
Сумма	-	-	12415		5767	100

## 2. Удельная вентиляционная характеристика здания

$$K_{вент} = 0,28 \text{ с пв } \beta_v \rho_v^{вент} (1 - K_{эф})$$

где с - удельная теплоемкость воздуха 1 кДж/(кг·°С)

$\beta_v$  - коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций 0,85

2.1 Средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м<sup>3</sup>

$$\rho_v^{вент} = 353 / (273 + t_{от}) = 353 / (273 + -3,1) = 1,29 \text{ кг/м}^3;$$

2.2 Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч<sup>-1</sup>

$$n_v = n_{v1} + n_{v2} + n_{v3}$$

$n_{v1}$  - для жилого здания за счет вентиляции

$$n_{v1} = L_{вент} / (\beta_v \cdot V_{от}) \cdot V_{от} - \text{отапливаемый объем здания } 34229 \text{ м}^3$$

$n_{v1}$  - для общественного здания за счет вентиляции и инфильтрации

$$n_{v2} = ((L_{вент} \cdot n_{вент}) / 168 + (G_{инф} \cdot n_{инф}) / (168 \cdot \rho_v^{вент})) / (\beta_v \cdot V_{от})$$

$n_{v3}$  - для технических помещения за счет инфильтрации

$$n_{v3} = (G_{инф} \cdot n_{инф}) / (168 \cdot \rho_v^{вент}) / (\beta_v \cdot V_{от})$$

где  $L_{вент}$  — количество приточного воздуха в здание

$$L_v = 11379$$

$n_{вент}$  — число часов работы вентиляции в течение недели, равно для рассматриваемого здания

$K_{эф}$  — коэффициент эффективности рекуператора.

$n_{инф}$  — число часов учета инфильтрации в течение недели, равно для рассматриваемого здания

$$n_{инф} = 168 \text{ час}$$

$G_{инф}$  — количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в течение суток отопительного периода

$$G_{инф} = (A_{ок} / R_{тр,ок}) \cdot (\Delta P_{ок} / 10)^{2/3} + A_{дв} / R_{тр,дв}) \cdot (\Delta P_{дв} / 10)^{1/2}$$

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

$$A_{ок} = 1383 \text{ м}^2 \quad A_{дв} = 64 \text{ м}^2$$

$\Delta P_{ок}$  и  $\Delta P_{дв}$  - расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха соответственно для окон и входных наружных дверей

Для окон

$$\Delta P_{ок} = 0,28 N(\gamma_n - \gamma_v) + 0,03 \gamma_n v^2 = 0,28 \cdot 8 \cdot (12,68 - 12,68) + 0,03 \cdot 12,68 \cdot 6,5^2 = 16,07$$

Для входных наружных дверей

$$\Delta P_{дв} = 0,55 N(\gamma_{ext} - \gamma_{int}) + 0,03 \gamma_{ext} v^2 = 0,55 \cdot 8 \cdot (12,68 - 12,68) + 0,03 \cdot 12,68 \cdot 6,5^2 = 16,07$$

$\gamma_n$  - удельный вес наружного воздуха  $\gamma_n = 12,68$

$\gamma_v$  - удельный вес внутреннего воздуха  $\gamma_v = 12,68$

$N$  - высота здания, м  $N = 8$

$v$  - максимальная скорость ветра за январь  $v = 6,5$

$R_{ок}$  и  $R_{дв}$  - соответственно требуемое сопротивление воздухопроницанию окон, балконных дверей и входных наружных дверей, лестничной клетки

$$R_{тр,ок} = (1/G_n) (\Delta P_{ок} / \Delta p_0)^{2/3} = (1/5) (16,07 / 10)^{2/3} = 0,274$$

$$R_{тр,дв} = (1/G_n) (\Delta P_{дв} / \Delta p_0)^{2/3} = (1/7) (16,07 / 10)^{2/3} = 0,196$$

$G_n$  - нормируемая воздухопроницаемость

Для окон и балконных дверей  $G_n = 5,00 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ ч})$

Для входных наружных дверей  $G_n = 7,00 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ ч})$

$\Delta p_0 = 10 \text{ Па}$  - разность давлений на наружной и внутренней поверхностях светопрозрачных конструкций,

$$G_{инф} = (A_{ок} / R_{ок}) \cdot (\Delta P_{ок} / 10)^{2/3} + A_{дв} / R_{дв}) \cdot (\Delta P_{дв} / 10)^{1/2}$$

$$G_{инф} = (1383 / 0,274) \cdot (16,07/10)^{2/3} + (64 / 0,196) \cdot (16,07 / 10)^{1/2} = 7339$$

Тогда

Средняя кратность воздухообмена жилой части здания за отопительный период  $n_{в1}$

$$n_{в1} = L_{вент} / (\beta_v \cdot V_{от}) \quad n_{в1} = 0,342$$

в качестве  $L_{вент}$  принимается большее из двух значений  $L_{вент1} = 9966$

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период

$$n_{в2} = ((L_{вент} \cdot n_{вент}) / 168 + (G_{инф} \cdot n_{инф}) / (168 \cdot \rho_v^{вент})) / (\beta_v \cdot V_{от}) \quad n_{в2} = 0,296$$

Средняя кратность воздухообмена ЛЛУ за отопительный период  $n_{в3}$

$$n_{в3} = (G_{инф} \cdot n_{инф}) / (168 \cdot \rho_v^{вент}) / (\beta_v \cdot V_{от}) \quad n_{в3} = 0,196$$

тогда

$$n_v = n_{в1} + n_{в2} + n_{в3} = 0,834$$

$$K_{вент} = 0,28 \text{ с } n_v \beta_v \rho_v^{вент} (1 - K_{эф}) = 0,198 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

3 Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания

$$K_{быт} = (q_{быт} \cdot A_{ж}) / (V_{от} \cdot (t_b - t_{от}))$$

$v$  - коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций, для рассматриваемого здания;

$$v = 0,68$$

$\zeta$  — коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления, в здании применена двухтрубная система отопления;

$$\zeta = 0,95$$

$\beta_h$  — коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления,

$$\beta_h = 1,13$$

$$K_{быт} = (q_{быт} \cdot A_{ж}) / (V_{от} \cdot (t_b - t_{от})) \quad K_{быт} = 0,075$$

4. Удельная характеристика теплоступлений в здание от солнечной радиации

$$K_{рад} = (11,6 \cdot Q_{рад}^{год}) / (V_{от} \cdot \text{ГСОП}) \quad K_{рад} = 0,071$$

где:  $Q_{рад}^{год}$  - теплоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода для четырех фасадов здания, ориентированных по четырем направлениям

$$Q_{рад}^{год} = \tau_{1ок} \tau_{2ок} (A_{ок1} I_1 + A_{ок2} I_2 + A_{ок3} I_3 + A_{ок4} I_4) + \tau_{1фон} \tau_{2фон} A_{фон} I_{гор}$$

где  $\tau_{1ок}$ ,  $\tau_{1фон}$  — коэффициенты относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений соответственно окон и зенитных фонарей,

$$\tau_{1ок} = 0,8 \quad \tau_{1фон} =$$

где  $\tau_{2ок}$ ,  $\tau_{2фон}$  — коэффициенты, учитывающие затенение светового проема соответственно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения,

$$\tau_{2ок} = 0,74 \quad \tau_{2фон} =$$

$A_{ок1}, A_{ок2}, A_{ок3}, A_{ок4}$  — площади светопроемов фасадов здания, ориентированных по направлениям,  $m^2$ ;

$$A_{ок1} = 14 \quad A_{ок2} = 366 \quad A_{ок3} = 103$$

$$A_{ок5} = 67 \quad A_{ок6} = 477 \quad A_{ок7} = 49$$

$A_{фон}$  — площадь светопроемов зенитных фонарей

$I_1, I_2, I_3, I_4$  — средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, ориентированная по фасадам здания

$$I_1 = 612 \quad I_2 = 677 \quad I_3 = 911$$

$$I_5 = 1462 \quad I_6 = 1285 \quad I_7 = 911$$

$I_{гор}$  — средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности,  $MДж/m^2$ ;

$$Q_{рад}^{год} = 1047981 \text{ МДж}$$

Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

$q_{от}^p$

$$q_{от}^p = [K_{об} + K_{вент} - (K_{быт} + K_{рад}) * v * \zeta] * (1 - \xi) * \beta_h$$

$$q_{от}^p = 0,288$$

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период

$$Q_{от}^{год} = 0,24 * ГСОП * V_{от} * q_{от}^p$$

$$Q_{от}^{год} = 1180588 \text{ кВт ч/год}$$

Общие теплопотери здания за отопительный период

$$Q_{общ}^{год} = 0,24 * ГСОП * V_{от} * (K_{об} + K_{вент})$$

$$Q_{общ}^{год} = 1500331 \text{ кВт ч/год}$$

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

$$q = Q_{от}^{год} / A_{от} \quad q = 90,3 \text{ кВт ч}/(m^2 \text{ год})$$