





СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

- СТРОИТЕЛЬНАЯ
КЛИМАТОЛОГИЯ
- **СТРОИТЕЛЬНАЯ
ТЕПЛОТЕХНИКА**
- СТРОИТЕЛЬНАЯ
СВЕТОТЕХНИКА



СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА



Энергетический паспорт здания

В соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

- а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);
- б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);
- в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

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

Поэлементные требования

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

$$R_o^{\text{норм}} = R_o^{\text{тп}} m_p, \quad (5.1)$$

где $R_o^{\text{тп}}$ – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, (ГСОП), $\text{°C} \cdot \text{сут}/\text{год}$, региона строительства и определять по таблице 3;

m_p – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете по формуле (5.1) 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 приложения Г выполняются требования п. 10.1 к данной удельной характеристике. Значения коэффициента m_p при этом должны быть не менее: $m_p = 0,63$ – для стен, $m_p = 0,95$ – для светопрозрачных конструкций, $m_p = 0,8$ – для остальных ограждающих конструкций.

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

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) z_{\text{от}}, \quad (5.2)$$

Комплексное требование

5.5 Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания, $k_{об}^{ТР}$, Вт/(м³·°С), следует принимать в зависимости от отапливаемого объема здания и градусо-суток отопительного периода района строительства по таблице 7 с учетом примечаний.

Т а б л и ц а 7 – Нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики здания

Отапливаемый объем здания, $V_{от}$, м ³	Значения $k_{об}^{ТР}$, Вт/(м ² ·°С), при значениях ГСОП, °С·сут/год				
	1000	3000	5000	8000	12000
150	1,206	0,892	0,708	0,541	0,321
300	0,957	0,708	0,562	0,429	0,326
600	0,759	0,562	0,446	0,341	0,259
1200	0,606	0,449	0,356	0,272	0,207
2500	0,486	0,360	0,286	0,218	0,166
6000	0,391	0,289	0,229	0,175	0,133

Окончание таблицы 7

Отапливаемый объем здания, $V_{от}$, м ³	Значения $k_{об}^{ТР}$, Вт/(м ² ·°С), при значениях ГСОП, °С·сут/год				
	1000	3000	5000	8000	12000
15 000	0,327	0,242	0,192	0,146	0,111
50 000	0,277	0,205	0,162	0,124	0,094
200 000	0,269	0,182	0,145	0,111	0,084

Примечания

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

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

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

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

Санитарно-гигиеническое требование

5.7 Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции (за исключением вертикальных светопрозрачных конструкций, т.е. с углом наклона к горизонту 45° и более) в зоне теплопроводных включений, в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей должна быть не ниже точки росы внутреннего воздуха при расчетной температуре наружного воздуха – $t_{нв}$, $^\circ\text{C}$, принимаемой в соответствии с пояснениями к формуле (5.4).

Минимальная температура внутренней поверхности остекления вертикальных светопрозрачных конструкций, т.е. с углом наклона к горизонту 45° и более (кроме производственных зданий) должна быть не ниже 3°C , для производственных зданий – не ниже 0°C . Минимальная температура внутренней поверхности непрозрачных элементов вертикальных светопрозрачных конструкций не должна быть ниже точки росы внутреннего воздуха помещения, при расчетной температуре наружного воздуха – $t_{нв}$, $^\circ\text{C}$, принимаемой в соответствии с пояснениями к формуле (5.4).

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 %.

10.3 Для оценки достигнутой в проекте здания или в эксплуатируемом здании потребности энергии на отопление и вентиляцию, установлены следующие классы энергосбережения (таблица 15) в % отклонения расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой (базовой) величины.

Т а б л и ц а 15 – Классы энергосбережения жилых и общественных зданий

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

Окончание таблицы 15

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При эксплуатации существующих зданий			
D	Пониженный	От + 15,1 до + 50 включительно	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании
E	Низкий	Более +50	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании, или снос

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

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

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

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

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

1 Общая информация

Дата заполнения (число, месяц, год)	Текущая дата
Адрес здания	Город по заданию, улица
Разработчик проекта	ФИО
Адрес и телефон разработчика	электронная почта, телефон
Шифр проекта	001-20-ЭП
Назначение здания, серия	Жилой дом
Этажность, количество секций	2 этажа
Количество квартир	-
Расчетное количество жителей или служащих	3 человека
Размещение в застройке	Отдельно стоящее, в сложившейся застройке
Конструктивное решение	бескаркасное

2 Расчетные условия

№ п.п.	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	t_H	°С	СП 131.13330.2012 п. 3.1 (5 ст.)
2	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°С	СП 131.13330.2012 п. 3.1 (12 ст.)
3	Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут/год	СП 131.13330.2012 п. 3.1 (11 ст.)
4	Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°С·сут/год	СП 50.13330.2012 Формула 5.2
5	Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	t_B	°С	ГОСТ 30494-2011 Табл.1
6	Расчетная температура чердака	$t_{черд}$	°С	+5С
7	Расчетная температура техподполья	$t_{подп}$	°С	-

3 Показатели геометрические

№ п/п	Показатель	Обозначение показателя и единица измерения	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
8	Сумма площадей этажей здания	$A_{от}$, м ²	Измеряется в пределах внутренних поверхностей наружных стен, включая площадь перегородок и внутр. стен	-
9	Площадь жилых помещений	$A_{ж}$, м ²	Сумма площадей жилых помещений (по экспликации)	-
10	Расчетная площадь (общественных зданий)	A_p , м ²	-	-
11	Отапливаемый объем	$V_{от}$, м ³	Отношение площади этажа к высоте (от уровня пола первого этажа до потолка последнего отапливаемого этажа)	-
12	Коэффициент остекленности фасада здания	f	Отношение площади окон к сумме площадей окон, дверей, нар. Стен, %	-
13	Показатель компактности здания	$K_{комп}$	Отношение $A_H^{сум}$ к $V_{от}$	-

N п.п.	Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
14	<p>Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания,</p> <p>в том числе:</p> <p>фасадов</p> <p>стен (раздельно по типу конструкции)</p> <p>окон и балконных дверей</p> <p>витражей</p> <p>фонарей</p> <p>окон лестнично-лифтовых узлов</p> <p>балконных дверей</p> <p>наружных переходов</p> <p>входных дверей и ворот (раздельно)</p> <p>покрытий (совмещенных)</p> <p>чердачных перекрытий</p> <p>перекрытий "теплых" чердаков</p> <p>(эквивалентная)</p> <p>- перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами</p> <p>(эквивалентная)</p>	<p>$A_{\text{н}}^{\text{сум}}$</p> <p>$A_{\text{ст}}$</p> <p>$A_{\text{ок.1}}$</p> <p>$A_{\text{дв}}$</p> <p>$A_{\text{черд}}$</p> <p>$A_{\text{цок1}}$</p>		

4 Показатели теплотехнические

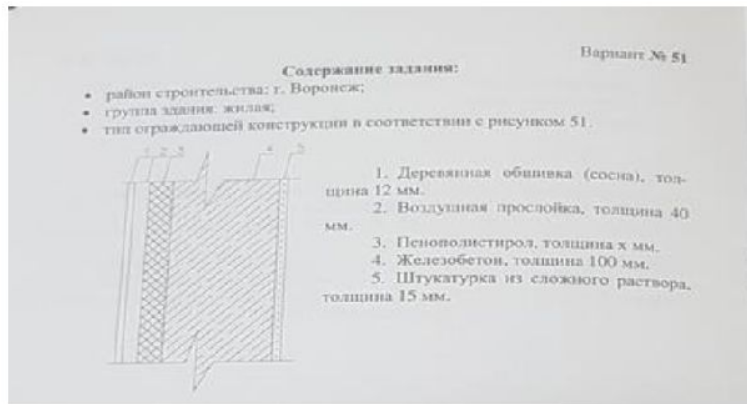
N п.п.	Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемо е значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
15	<p>Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе:</p> <p>стен (раздельно по типу конструкции)</p> <p>окон и балконных дверей</p> <p>вitraжей</p> <p>фонарей</p> <p>окон лестнично-лифтовых узлов</p> <p>балконных дверей наружных переходов</p> <p>входных дверей и ворот (раздельно)</p> <p>покрытий (совмещенных)</p> <p>чердачных перекрытий</p> <p>перекрытий "теплых" чердаков (эквивалентное)</p> <p>перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентное)</p> <p>перекрытий над проездами или под эркерами</p> <p>стен в земле и пола по грунту (раздельно)</p>				

1. Расчет тепловой защиты здания задашной ограждающей конструкции

1.1 Исходные данные:

- район строительства – г. Воронеж;
- группа здания – жилая;

Конструкция наружной стены здания:



1 – Деревянная обшивка (сосна вдоль волокон):

$$\delta_1=12 \text{ мм}, \lambda_1=0,29 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C}).$$

2 – Воздушная прослойка:

$$\delta_2=40 \text{ мм}.$$

3 – Пенополистирол:

$$\delta_3=x \text{ мм}, \lambda_3=0,04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C}).$$

4 – Железобетон:

$$\delta_4=100 \text{ мм}, \lambda_4=1,92 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C}).$$

5 – Штукатурка из сложного раствора (песок, известь, цемент):

$$\delta_5=15 \text{ мм}, \lambda_5=0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C}).$$

- расчетная средняя температура внутреннего воздуха жилого здания, $t_{s}=20^{\circ}\text{C}$ (ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»);

- относительная влажность внутреннего воздуха жилого здания, $\varphi_{s}=45\%$ (ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»);

- расчетная температура паружного воздуха в холодный период года $^{\circ}\text{C}$, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, $t_{n}=-26^{\circ}\text{C}$

(СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»);

Расчетный коэффициент теплопроводности материала слоев О.К. λ , Вт/(м· $^{\circ}\text{C}$), принимаем из условия эксплуатации О.К., которое определяем по влажностному режиму помещения и зоне влажности района строительства (СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», табл.2). Влажностный режим помещения при $t_{s}=20^{\circ}\text{C}$ и $\varphi_{s}=45\%$ сухой. Зону влажности на территории города находим на карте зон влажности территории РФ, г. Воронеж относится к сухой зоне (СП 50.13330-2012 «Тепловая защита зданий», приложение В) Сухому влажностному режиму помещения и сухой зоне района строительства соответствует условие эксплуатации О.К.- А (СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» табл.2).

Тепловая оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

- а) приведенное сопротивление должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементное требование);
- 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.

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

2. Расчет тепловой защиты О.К.

Нормируемое значение сопротивление теплопередачи

$$R_o^{норм} = R_o^{мп} * m_p \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]}$$

m_p - коэффициент, учитывающий особенности района строительства

($m_p - 1$)

Определим толщину утеплителя для данного района строительства, для этого предварительно определим градусо-сутки отопительного периода ГСОП, °C·сут по формуле:

$$ГСОП = (t_e - t_{от}) \cdot z_{от} \quad (1)$$

где t_e – расчетная средняя температура внутреннего воздуха жилого здания, °C (ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» табл.1);

$t_{от}$ – средняя температура наружного воздуха, °C, отопительного периода, принимаемая для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°C, $t_{от} = -2,5$ °C (СП 131.13330.2011 «Строительная климатология»).

$z_{от}$ – продолжительность, сут, отопительного периода, принимаемая для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°C, $z_{от} = 190$ сут. (СП 131.13330.2011 «Строительная климатология» табл.1);

$$ГСОП = (20 - (-2,5)) \cdot 190 = 4275 (\text{°C} \cdot \text{сут.})$$

По значению ГСОП (СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», табл.4 (для стены жилого здания)) определим нормируемое значение сопротивление $R_{норм}$, м²·°C/Вт. (табл.4.)

$$R_o^{норм} = R_o^{мп} * m_p, \quad (2)$$

m_p – коэффициент особенности региона строительства, принимаем $m_p = 1$

R_o^{np} – базовое значения требуемой теплопередаче, определяется методом интерполяции:

Градусо-сутки отопительного периода, °C·сут/год.	4000	Базовые значения требуемой теплопередаче, (м·°C)/Вт, ограждающих конструкций	2,8
	4275		z
	6000		3,5

$R_o^{np} = 2,89 \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт}$, следовательно

$$R_o^{norm} = 2,89 * 1 = 2,89 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}.$$

Далее определяем толщину утеплителя заданной многослойной ограждающей конструкции исходя из условия $R_o^{расч} \geq R_o^{norm}$

$$R_o^{расч} = R_s + \sum R_k + R_n \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]} \quad (3)$$

R_s – сопротивление теплопередачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

$$R_s = \frac{1}{\alpha_s} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right) \quad (4)$$

где α_s – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности О.К., Вт/(м²·°C),

$\alpha_s = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ для стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты ребер к расстоянию, между граями соседних ребер меньше 0,3.

R_n – сопротивление теплопередачи наружной поверхности ОК

$$R_n = \frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{23} = 0,041 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right) \quad (5)$$

где α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности О.К., Вт/(м²·°C),

$\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ для наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительпо-климатической зоне.

Термическое сопротивление отдельных слоев О.К. находим по формуле:

$$R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n} \quad (6)$$

$$R_1 = \frac{0,012}{0,29} = 0,04;$$

$$R_3 = \frac{x}{0,04};$$

$$R_4 = \frac{0,1}{1,92} = 0,052;$$

$$R_5 = \frac{0,015}{0,7} = 0,021.$$

$R_{возд}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки.

Определяя $R_{возд}$ методом интерполяции и учитывая:

- 1 – толщину воздушной прослойки, равную 40 мм=0,04м,
- 2 – вертикальное расположение воздушной прослойки в перекрытии,
- 3 – отрицательную температуру воздуха в прослойке, получаем:

Толщина воздушной прослойки	0,03	Термическ ое сопротивле ние	0,16
	0,04		y
	0,05		0,17

$$y = 0,16 + \frac{0,04 - 0,03}{0,05 - 0,03} \cdot \frac{0,17 - 0,16}{1} = 0,165 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$$

$R_{возд} = R_3 = 0,165 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ (СП 23-01-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий», табл.7).

Подставляя все данные в формулу (3), получим:

$$R_o^{расч} = R_e + \sum R_v + R_w = R_e + R_1 + R_3 + R_4 + R_5 + R_w = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + R_{возд} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_n}$$

подставляя числовые значения и учитывая, что $R_{0}^{расч} \geq R_{0}^{норм}$ получим:

$$R_{o}^{расч} \geq R_{o}^{норм} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,29} + 0,165 + \frac{x}{0,04} + \frac{0,1}{1,92} + \frac{0,015}{0,7} + \frac{1}{23} = 2,89 \left(\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right)$$

Из полученного уравнения выражаем x :

$$x = (2,89 - (0,115 + 0,04 + 0,165 + 0,052 + 0,021 + 0,044)) \cdot 0,04 = 0,098м$$

Округляя до ближайшей промышленной толщины, принимаем $x=100мм=0,1м$

$$R_{o} = 0,115 + 0,04 + 0,165 + 2,50 + 0,052 + 0,021 + 0,044 = 2,93 м^2 \cdot ^\circ C / Вт.$$

Общая толщина О.К. составляет:

$$\delta_{o.к.} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 \quad (7)$$

$$\delta_{o.к.} = 12 + 40 + 100 + 100 + 15 = 267 мм,$$

которая обеспечивает требования тепловой защиты зданий по показателю «а».

т.к. $R_{o}^{расч} = 2,93 м^2 \cdot ^\circ C / Вт > R_{o}^{норм} = 2,89 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$. Условие выполняется.

5 Показатели вспомогательные

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

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

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

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

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

$$n_t = \frac{t_{\text{в}}^* - t_{\text{от}}^*}{t_{\text{в}} - t_{\text{от}}}$$

где $R_{\text{o},i}^{\text{пр}}$ - 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, м^2 ;

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период $n_{\text{в}}$, ч^{-1} , рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле

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

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

- а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м^2 общей площади на человека - $3 A_{\text{ж}}$;
- б) других жилых зданий - $0,35 \cdot n_{\text{эт}} \cdot (A_{\text{ж}})$, но не менее 30 м; где m - расчетное число жителей в здании;
- в) общественных и административных зданий принимают условно: для административных зданий, офисов, складов и супермаркетов - $4 A_{\text{п}}$; для магазинов шаговой доступности, учреждений здравоохранения, комбинатов бытового обслуживания, спортивных арен, музеев и выставок - $5 A_{\text{п}}$; для детских дошкольных учреждений, школ, среднетехнических и высших учебных заведений - $7 A_{\text{п}}$; для физкультурно-оздоровительных и культурно-досуговых комплексов, ресторанов, кафе, вокзалов - $10 A_{\text{п}}$,
 $A_{\text{ж}}$;

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

$G_{\text{инф}}$ - количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч

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

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

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

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

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

$$R_u^{\text{тп}} = (1 / G_u) \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^{2/3}$$

Нормируемую поперечную воздухопроницаемость G_n , $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, ограждающих конструкций зданий следует принимать по [таблице 9](#).

Таблица 9 - Нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций

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

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

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

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

γ_n , γ_v - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м^3 , определяемый по формуле

$$\gamma = 3463 / (273 + t)$$

t - температура воздуха: внутреннего (для определения γ_v) - принимается согласно оптимальным параметрам по **ГОСТ 12.1.005**, **ГОСТ 30494** и **СанПиН 2.1.2.2645**; наружного (для определения γ_n) - принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СП 131.13330;

v - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая по таблице 1* СП 131.13330.

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

$n_{\text{инф}}$ - 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;

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

$$\rho_{\text{вент}} = 353 / [273 + t_{\text{от}}],$$

$t_{\text{от}}$ - °С.

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

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

- а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м^2 общей площади на человека $q_{\text{быт}} = 17 \text{ Вт}/\text{м}^2$;
- б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 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

6 Удельные характеристики

N	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
20	Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}$, Вт/(м ³ °С)		
21	Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}$, Вт/(м ³ °С)		
22	Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{быт}$, Вт/(м ³ °С)		
23	Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}$ Вт/(м ³ °С)		

Удельная теплозащитная характеристика здания, $k_{об}$, Вт/(м³·°С), рассчитывается по формуле:

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

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания, $k_{об}^{тр}$, Вт/(м³·°С), 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

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

Примечания

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

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

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

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

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

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

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

$\beta_{\text{в}}$ - коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций.

При отсутствии данных принимать $\beta_{\text{в}} = 0,85$;

$\rho_{\text{в}}^{\text{вент}}$ - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м³

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

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

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

Удельную характеристику бытовых тепловыделений здания, $k_{\text{быт}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, следует определять по формуле

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

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

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

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

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

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

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

$A_{\text{ок1}}$, $A_{\text{ок2}}$, $A_{\text{ок3}}$, $A_{\text{ок4}}$ - площадь светопроемов фасадов здания (глухая часть балконных дверей исключается соответственно ориентированных по четырем направлениям, м^2 ;

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

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

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

7 Коэффициенты

	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя
24	Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	ζ	
25	Коэффициент, учитывающий снижение теплотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	ξ	
26	Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{эф}$	
27	Коэффициент, учитывающий снижение использования теплоступлений в период превышения их над теплотерями	ν	
28	Коэффициент учета дополнительных теплотерь системы отопления	β_h	

ζ - коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения:

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

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

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

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

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

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

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

v - коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемые значения определяются по формуле $v=0,7+0,000025(\text{ГСОП}-1000)$;

β_h - коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплотерями 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 $\beta_h=1,05$.

8 Комплексные показатели расхода тепловой энергии

N п. п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Значение показателя
29	Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^p$ Вт/(м ³ ·°С)	
30	Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^{тр}$ Вт/(м ³ ·°С)	
31	Класс энергосбережения		
32	Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите		

Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{от}^p$, $Вт/(м^3 \cdot ^\circ C)$ следует определять по формуле:

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

$q_{от}^{тр}$ - нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, $Вт/(м^3 \cdot ^\circ C)$, определяемая для различных типов жилых и общественных зданий по **таблице 13** или **14**.

Таблица 13 - Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых многоквартирных зданий, $q_{от}^{тр}$, $Вт/(м^3 \cdot ^\circ C)$

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

Примечание - при промежуточных значениях отапливаемой площади здания в интервале 50-1000 $м^2$ значения $q_{от}^{тр}$ должны определяться по линейной интерполяции.

Для оценки достигнутой в проекте здания или в эксплуатируемом здании потребности энергии на отопление и вентиляцию, установлены следующие классы энергосбережения (таблица 15) в % отклонения расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой (базовой) величины.

Таблица 15 - Классы энергосбережения жилых и общественных зданий

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

9 Энергетические нагрузки здания

№ п.п.	Показатель	Обозначение	Единица измерений	Значение показателя
33	Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	q	$\text{кВт ч}/(\text{м}^3 \text{ год})$ $\text{кВт ч}/(\text{м}^2 \text{ год})$	
34	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$Q_{\text{от}}^{\text{год}}$	$\text{кВт ч}/(\text{год})$	
35	Общие теплопотери здания за отопительный период	$Q_{\text{общ}}^{\text{год}}$	$\text{кВт ч}/(\text{год})$	

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

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

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

где $q_{\text{от}}^{\text{п}}$ -

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

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

$V_{\text{от}}$ -

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

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

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

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