



Комплексный подход к теплозащите зданий

Требуемый приведенный коэффициент теплопередачи здания

Вид (тип) и этажность здания	Требуемый коэффициент теплопередачи здания $K_{зд}^{mp}$ Вт/(м ² °С)
Многоэтажные - 8 эт. и выше	0,6
Средней этажности - 4-5 эт.	0,55
Малоэтажные:	
3 эт.	0,55
2 эт.	0,5
Коттеджи	0,5
То же с мансардой	0,5
1- и 2-эт. дома блокированного типа	0,5

Приведенный фактический коэффициент теплопередачи $K_{зд}^{\phi}$, Вт/(м² °С)

$$K_{зд}^{\phi} = (A_{ст}/R_{o.ст} + A_{ок}/R_{o.ок} + A_{дв}/R_{o.дв} + n \cdot A_n/R_{o.n} + n \cdot A_{пол}/R_{o.пол}) / \Sigma A,$$

где n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху согласно СНиП. Для полов на грунте $n = 0,5$.

$A_{ст}$, $A_{ок}$, $A_{дв}$, A_n , $A_{пол}$ и $R_{o.ст}$, $R_{o.ок}$, $R_{o.дв}$, $R_{o.n}$, $R_{o.пол}$ – соответственно площади и общие сопротивления теплопередаче стен, окон, дверей, чердачных перекрытий или покрытий мансард и других покрытий, а также пола 1-го этажа, в том числе по грунту.

ΣA – общая площадь перечисленных наружных ограждающих конструкций.

Возможные мероприятия:

1. Утепление стен изнутри.
2. Замена существующих окон и наружных дверей на современные, утепленные.
3. Утепление чердачного перекрытия.

Нормами СНиП 23-02-2003 установлены три показателя тепловой защиты здания:

- а) энергетический, приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания должно соответствовать требованиям экономии энергии
- б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой на поверхности ограждающих конструкций, которая должна быть выше температуры точки росы
- в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

Требования тепловой защиты здания будут выполнены, если в них будут соблюдены требования показателей «а» и «б» либо «б» и «в».

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период $q_{от.}$, кДж/(м²·С·сут) или кДж/(м³·°С·сут) (на 1 м² отапливаемой площади пола квартир, или полезной площади помещений, или на 1 м³ отапливаемого объема), должен быть меньше или равен нормируемому значению $q_{от}^{треб}$ определяемому по табл.

$$q_{от} \geq q_{от}^{треб}.$$

$$q_{от} = 10^3 \cdot Q_{от} / (A_{от} \cdot D_d)$$

или

$$q_{от} = 10^3 \cdot Q_{от} / (V_{от} \cdot D_d),$$

где D_d или ГСОП, определяется по формуле $A_{от}$ и $V_{от}$ - сумма отапливаемых площадей и объемов в здании, соответственно; $Q_{от}$ - расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж, определяемый величинами теплопотерь и теплопоступлений в здании:

$$Q_{от} = [Q_{mn} - (Q_{в.н.} + Q_{сол.}) \nu \cdot \xi] \cdot \beta_{от},$$

где Q_{mn} - общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции, МДж.

где Q_{mn} - общие теплотери здания через наружные ограждающие конструкции, МДж.

$$Q_{mn} = 0,0864 \cdot K_o^{3d} \cdot D_d \cdot \sum A_i,$$

где K_o^{3d} - общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°С), определяется по формуле:

$$K_o^{3d} = K_{3d}^{\Phi} + K_{инф}^{\Phi};$$

$$K_{3d}^{\Phi} = \sum_{i=1}^n (A_i / R_i) / \sum A_i,$$

где $K_{инф}^{\Phi}$ - условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплотери за счет инфильтрации и вентиляции, Вт/(м²·°С), определяемый по формуле

$$K_{инф}^{\Phi} = 0,28 c \cdot n_a \cdot \beta_v \cdot V_{от} \cdot \rho_a \cdot k / \sum A_i,$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С); β_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных следует принимать $\beta_v = 0,85$; $V_{от}$ – то же, что и в формуле ; ρ_a – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м³.

$$\rho_a = 353 / [273 + 0,5(t_e - t_n)]$$

(прил. 2.6); n_a – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч^{-1} , определяемая по формуле

$$n_a = [(L_v \cdot n_v) / 168 + (G_{\text{инф}} \cdot k \cdot n_{\text{инф}}) / (168 \rho_a)] / (\beta_v \cdot V_{\text{от}}),$$

где L_v – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, $\text{м}^3/\text{ч}$.

n_v – число часов работы механической вентиляции в течение недели;

168 – число часов в неделе;

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

Для жилых зданий – количество воздуха, поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода, величина $G_{\text{инф}}$ определяется по формуле

$$G_{\text{инф}} = (A_{\text{обд}} / R_{\text{обд}}) \cdot (\Delta P_{\text{обд}} / 10)^{2/3} + (A_{\text{вд}} / R_{\text{вд}}) \cdot (\Delta P_{\text{вд}} / 10)^{1/2},$$

где $A_{\text{обд}}$, $R_{\text{обд}}$ и $\Delta P_{\text{обд}}$ – соответственно суммарная площадь, м^2 , требуемое сопротивление воздухопроницанию и расчетная разность давлений воздуха для окон и балконных дверей лестничной клетки, Па; $A_{\text{вд}}$, $R_{\text{вд}}$ и $\Delta P_{\text{вд}}$ – то же для входных дверей.

$$\Delta P = 0,55H(\gamma_n - \gamma_e) + 0,03\gamma_n \cdot V^2,$$

H – высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), м; γ_n и γ_e – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, $\text{Н}/\text{м}^3$, определяемый по формуле

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

где t равно t_n и t_e ; k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях, равный для окон и балконных дверей:

$n_{инф}$ – число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий со сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и (168- n_0) - для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции; ρ_a , β_v и $V_{от}$ – то же, что и в формуле

Для общественных зданий $G_{инф}$ – количество инфильтрующегося воздуха через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей; СНиП допускает принимать в нерабочее время

$$G_{инф} = 0,5\beta_v \cdot V_{от}.$$

$Q_{вн}$ – бытовые теплопоступления в течение отопительного периода, МДж, определяются по формуле

$$Q_{вн} = 0,0864 \cdot q_{вн} \cdot z_{от} \cdot A_{ж},$$

где $q_{вн}$ – величина бытовых теплопоступлений на 1 м² площади жилых помещений или расчетной площади общественного здания, Вт/м².

Теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода $Q_{сол}$, МДж для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, следует определять по формуле

$$Q_{сол} = \tau_e \cdot \tau_2 \left(\sum_{i=1}^4 A_{\phi,i} \cdot J_{\phi,i} \right) + \tau_{e,z,\phi} \cdot \tau_2 \cdot A_{z,\phi} \cdot J_{\Gamma},$$

где τ_e и $\tau_{e,z,\phi}$ соответственно – коэффициенты пропускания тепловой радиации остекления окон и зенитных фонарей (табл. 2.18); $A_{\phi,i}$ и $A_{z,\phi}$ – площади светопроемов на фасадах здания $i = 1-4$ и площадь зенитных фонарей, м²; $J_{\phi,i}$ и J_{Γ} – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальных поверхностях фасадов при действительных условиях облачности в соответствии с их ориентацией и на горизонтальной поверхности, МДж/м², определяется по СНиП 23.01.99.

$$R_{o \min}^{mp} = R_o^{mp} \cdot 0,63;$$

для промышленных зданий

$$R_{o \min}^{mp} = R_o^{mp} \cdot 0,8,$$

где R_o^{mp} определяется из соображений экономии энергии по табл.

СниП 23-02-2003 вводит критерий – показатель компактности здания:

$$k_e = \sum A / V_{om}.$$

Расчетный показатель компактности жилых зданий, как правило, не должен превышать следующих нормируемых значений:

0,25 – для 16-эт. зданий и выше.

0,29 – для 10-15-эт. зданий.

0,32 – для 6-9-эт. зданий.

0,36 – для 5-эт. зданий.

0,43 – для 4-эт. зданий.

0,54 – для 3-эт. зданий.

0,61; 0,54; 0,46 – для 2-, 3- и 4-эт. блокированных и секционных домов соответственно.

0,9 – для 2-эт. и 1-эт. домов с мансардой.

1,1 – для 1-эт. домов.

В состав раздела проекта «Теплозащита здания» должен входить энергетический паспорт, включающий следующие сведения:

- общая информация о проекте;
- расчетные условия;
- сведения о функциональном назначении и типе здания;
- объемно-планировочные и компоновочные показатели здания, которые должны включать: общестроительные данные о геометрии и ориентации здания, его объем, площади помещений, площади наружных ограждающих конструкций, показатель компактности здания k_c ;
- данные о теплозащите здания, включающие приведенный коэффициент теплопередачи и приведенную воздухопроницаемость здания и воздухообмен (о них будет говориться в следующей главе), сводные энергетические показатели: удельный расход тепловой энергии на отопление здания в холодный и переходные периоды года и удельную тепловую характеристику здания:

$$q_m = (K_{30}^{\phi} \cdot \sum A) / V, \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}),$$

где V – объем здания по внешним размерам, м^3 ; K_{30}^{ϕ} - фактический трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания;

- сведения о сопоставлении с нормируемыми показателями.

$$\sum W = W^{огр.} + W^{вент.} + W^{ГВС} - W^{быт.} - W^{с.р.}$$

где $W^{огр.}$ - потери тепла через наружные ограждающие конструкции;

$$W^{огр.} = (t_{в} - t_{н}) S_i / R_i$$

$W^{вент.}$ - затраты энергии на подогрев вентилируемого воздуха,

здесь $t_{в}$ и $t_{н}$ означают соответственно температуру внутреннего и наружного воздуха, индекс i - номер очередной ограждающей конструкции;

$$W^{вент.} = n \cdot N \cdot \gamma_{в} \cdot C_{в} (t_{в} - t_{н})$$

где

n - число людей в доме;

N - $80 \text{ м}^3/(\text{час} \cdot \text{чел}) = 0,022 \text{ м}^3/(\text{сек} \cdot \text{чел})$ - нормативное потребление вентилируемого воздуха;

$\gamma_{в} = 1,3 \text{ кг/м}^3$ — удельный вес воздуха;

$C_{в} = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С})$ - удельная теплоемкость воздуха;

$$W^{вент.} \approx 0,03 \cdot n \cdot (t_{в} - t_{н})$$

$W^{ГВС} = 5 \text{ кВт}$ (4) затраты тепла на горячее водоснабжение;

$W^{быт.}$: $S \cdot q$, [Вт] (5) - бытовое выделение тепла (излучение человеком, приготовление пищи, электрические и осветительные приборы).

Здесь S общая площадь полов всех отапливаемых помещений, м^2 .

$q = 10 \text{ Вт/м}^2$ - нормативное удельное выделение бытового тепла в жилых зданиях без ограничения социальной нормы жилой площади и 17 Вт/м^2 - при социальной норме 20 м^2 и менее на одного человека;

$W^{с.р.}$ — нагрев здания солнечной радиацией, но из-за малого количества солнечных дней в зимнее время во втором климатическом районе вклад в общий баланс невелик и не учитывается.

Рассматриваемое здание			
Площадь наружных ограждающих конструкций $S_i, \text{м}^2$	$R_i, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	$(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \text{°C}$	$W_i^{\text{о.п.}}, \text{Вт}$
Стены			
Чердачное перекрытие			
Пол по грунту			
Окна			
Двери			

$$W_{\text{котл.}} - \sum W / \text{КПД}$$

Коэффициент полезного действия современных газовых котлов составляет не менее 80%.

Годовая потребность энергии

$$G_{\text{год.}} = W_{\text{котл.}} \cdot T / 2$$

где $T = 3,1536 \cdot 10^7$ с - количество секунд в году.

Годовая потребность газа

$$V_{\text{год.}} = G_{\text{год.}} / K$$

где

$K = 3,5 \cdot 10^4$ кДж/ м³ - теплота сгорания природного газа.

Показатель тепловой эффективности наружного ограждения в Московском регионе:

$$\Pi_{\text{тэфф}} = 16 \cdot T_{\text{ариф}} / R_o, \text{ руб./м}^2,$$

$$\Pi_{\text{тэфф}}^{\text{эл.}} = 123 \cdot T_{\text{ариф эл.}} / R_o, [\text{руб./м}^2],$$

где тариф устанавливается за 1 кВт·час электроэнергии.

Обозначение класса энергетической эффективности	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, %
A++	Близкий к нулевому	–75 включительно и менее
A+	Высочайший	От –60 включительно до –75
A	Очень высокий	От –45 включительно до –60
B	Высокий	От –30 включительно до –45
C	Повышенный	От –15 включительно до –30
D	Нормальный	От 0 включительно до –15
E	Пониженный	От +25 включительно до 0
F	Низкий	От +50 включительно до +25
G	Очень низкий	Более +50

Таблица 14 - Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, $q_{от}^{TP}$, Вт/(м³·°С)

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1 Жилые многоквартирные, гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290
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 $q_{от}^{TP}$ следует снизить на 5%.								

Тепловизионная съёмка и применение аэродвери

