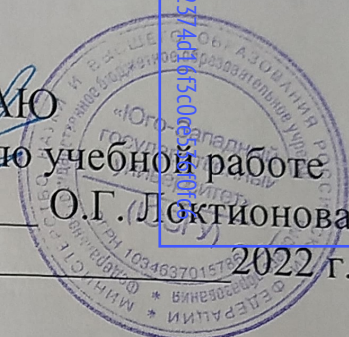


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра теплогазоводоснабжения

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Доктионова
« 9 » 09 2022 г.



Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 14.09.2023 16:25:37
Уникальный программный ключ:
9ba7f5e34c012ebd4780d2d064c72781953be750d1237408615c0e521091699

Теплотехническое проектирование

Методические указания для практических занятий, курсового проектирования и самостоятельной работы студентов всех форм обучения направлений подготовки 08.03.01, 08.04.01, 13.03.01, 13.04.01

УДК 697.2(07)

Составители: Е.В. Умеренков, Э.В. Умеренкова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры
теплогазоводоснабжения Т.В. Поливанова

Теплотехническое проектирование: методические указания для практических занятий, курсового проектирования и самостоятельной работы студентов всех форм обучения направлений подготовки 08.03.01, 08.04.01, 13.03.01, 13.04.01 Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Э.В. Умеренкова, Е.В. Умеренков. Курск, 2022. 33 с.: табл. 3. , прилож. 1. Библиогр.: с. 33 .

Изложены теоретические положения теплотехнического проектирования, выбор исходных данных, определение нормативных теплотехнических характеристик, теплотехнический расчет ограждающих конструкций, а также определение теплотехнических показателей энергетической эффективности объекта проектирования.

Методические указания предназначены для студентов и магистров ВУЗов теплоэнергетических и строительных специальностей всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 1,92. Уч.-изд. л. 1,74 Тираж 100 экз. Заказ. 1822 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Оглавление

Введение.....	4
1 Теоретические положения	5
1.1 Выбор исходных данных.....	5
1.2 Теплотехническое проектирование ограждающих конструкций	6
1.3 Энергетическая эффективность проекта	12
2 Пример расчета	17
Библиографический список	28
Приложение 1	29

Введение

Современный подход к проектированию систем обеспечения микроклимата направлен на оптимизацию их установочной мощности, с целью снижения затрат тепловой энергии, и основывается на теплотехническом проектировании [1].

Расчет и обеспечение теплотехнических характеристик внешней теплозащитной оболочки объекта проектирования, необходимых для оценки здания с позиции эффективности использования энергии, в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением N 1) [2]:

- к приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций здания;

- ограничению минимальной температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций в холодный период года, за исключением светопрозрачных конструкций с вертикальным остеклением (санитарно-гигиеническое требование);

- эффективности расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию (удельной теплозащитной характеристике, расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию).

Задачей студента является освоение теоретических и практических основ, позволяющих грамотно и профессионально выполнять все расчеты и принимать соответствующие решения, связанные с выполнением теплотехнического проектирования.

Индивидуальные задания сведены в таблицу П1.1.

1 Теоретические положения

1.1 Выбор исходных данных

Согласно [3], заданные параметры микроклимата в помещениях жилых, общественных и административно-бытовых зданий следует обеспечивать в пределах **расчетных параметров наружного воздуха** для соответствующих районов строительства [4].

При проектировании систем отопления в качестве расчетных принимают параметры Б, а именно:

- средняя температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 - $t_{н}$, °С;
- средняя температура отопительного периода- $t_{ср. от}$, °С;
- продолжительность отопительного периода- Z , суток;
- среднюю скорость ветра за январь - V , м/с.

Среднюю температуру наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут/год, отопительного периода принимают для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °С, а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов- интернатов для престарелых не более 10 °С.

Расчетные параметры внутреннего воздуха для отопительного периода для всех отапливаемых помещений проектируемого здания (кроме помещений, для которых параметры микроклимата установлены другими нормативными документами) следует принимать [4]:

- в обслуживаемой зоне жилых помещений температуру воздуха - минимальную из оптимальных температур по [5];
- в обслуживаемой зоне жилых зданий (кроме жилых помещений), а также общественных и административно-бытовых зданий - минимальную из допустимых температур .

Параметры микроклимата или один из параметров допускается принимать в пределах оптимальных норм, вместо допустимых, если это экономически обосновано, или по заданию на проектирование.

1.2 Теплотехническое проектирование ограждающих конструкций

Теплопотери помещения, компенсируемые системой отопления, определяются в первую очередь теплотехническими свойствами ограждающих конструкций.

Для обеспечения в отапливаемом помещении условий теплового комфорта и оптимизации мощности системы отопления, ограждающие конструкции должны иметь термическое сопротивление и сопротивление воздухопроницанию не менее значений, нормируемых [2]. Температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование) по условиям невыпадения конденсата.

Расчет ограждающих конструкций выполняется в следующей последовательности:

- определяют требуемые сопротивления теплопередаче $R_{o}^{тр}$, $m^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и воздухопроницанию $R_{и}^{тр}$, $m^2 \cdot \text{ч Па}^n/\text{кг}$;
- осуществляют выбор конструкции ограждения;
- производят теплозащиту ограждения ;
- определяют фактические теплотехнические характеристики.

Значения требуемых **приведенных сопротивлений теплопередаче** ограждающих конструкций $R^{тр}$ принимают в зависимости от величины градусосуток отопительного периода (ГСОП).

Величину градусо-суток , в течение отопительного периода следует вычислять по формуле

$$ГСОП = (t_{в} - t_{ср.от.}) \cdot z, \quad (1.1)$$

Расчетная температура внутреннего воздуха здания $t_{в}$, °C , при расчете ограждающих конструкций групп зданий принимается по оптимальным параметрам ГОСТ 30494 .

Промежуточные значения $R^{тр}$ следует определять интерполяцией.

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 умножаются на коэффициент n , который рассчитывается по формуле

$$n = (t_{в}^* - t_{н}^*) / (t_{в} - t_{н}), \quad (1.2)$$

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

$$R_{mp} = \frac{n \cdot (t_{в} - t_{н})}{\Delta t_{н} \cdot \alpha_{в}} \quad (1.3)$$

где $t_{н}$ - расчетная температура воздуха в более холодном помещении;

$\alpha_{в}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций ;

$\Delta t_{н}$ - нормативный температурный перепад между температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции;

$n = 1$ - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху.

Требуемое сопротивление теплопередаче входных дверей (кроме балконных) должно быть не менее $0,6R_{тр}$ стен зданий и сооружений, рассчитанного по (1.3.) .

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.

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

Соппротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий $R_{и}$, должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию $R_{и\text{тр}}$, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}$, [2], определяемого по формуле

$$R_{и} \geq R_{и\text{тр}} = \frac{1}{G_{н}} \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{2/3}, \quad (1.4)$$

где Δp - разность давлений на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкциях, Па, определяемая по формуле (1.5);

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

$G_{н}$ - нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, $\text{кг}/\text{м}^2\text{ч}$.

$$\Delta p = 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_{н} - \gamma_{в}) + 0,03 \cdot \gamma_{н} \cdot v^2 \quad (1.5)$$

где H - высота здания от пола первого этажа до устья вентиляционной шахты, м;

$\gamma_{н}$, $\gamma_{в}$ - удельный вес воздуха соответственно при температуре $t_{н}$ и $t_{в}$, $\text{Н}/\text{м}^3$, определяемый по формуле:

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}, \quad (1.6)$$

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

v - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь.

Исходя из условий $R^k \geq R^{tr}$ определяют необходимую толщину изоляционного слоя ограждающей конструкции по формуле:

$$\delta_{из} = \left[R^{mp} \frac{1}{r} + \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} + R_{en} \right) \right] \lambda_{из}, \quad (1.7)$$

где α_n - коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции, $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$;

$R_{в.п.}$ - сопротивление замкнутой воздушной прослойки, $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$.

r - коэффициент теплотехнической однородности ограждающих конструкций;

$\delta_i, \delta_{из}$ - толщина соответственно конструктивных слоев ограждения и т/и слоя, м;

$\lambda_i, \lambda_{из}$ - коэффициенты теплопроводности соответственно конструктивных слоев ограждения и т/и слоя, определяются по [2], $Вт/(m \cdot ^\circ C)$ (для соответствующих условий эксплуатации).

Условия эксплуатации ограждающих конструкций следует устанавливать в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности следующим образом:

- определяют зону влажности (влажная, нормальная, сухая) согласно [2]; при этом в случае попадания населенного пункта на границу зон влажности следует выбирать более влажную зону;

- определяют влажностный режим помещений (сухой, нормальный, влажный или мокрый) в зависимости от расчетной относительной влажности и температуры внутреннего воздуха;

- устанавливают условия эксплуатации ограждающих конструкций (А, Б) в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности.

В качестве материала утепления необходимо принимать эффективный т/и материал, т.е. $\lambda_{из} \leq 0,052 \text{ Вт}/(m^2 \cdot ^\circ C)$.

При определении термического сопротивления конструктивных слоев ограждения, слои, расположенные между воздушной прослойкой и наружной поверхностью ограждения не учитываются.

Величина коэффициента теплотехнической однородности для различных ограждений в зависимости от их конструкции колеблется в пределах 0,65-0,98.

Найденное значение требуемой толщины утеплителя $\delta_{из}$ округляется до ближайшего типоразмера теплоизоляционной конструкции.

После этого рассчитывается фактическое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции по формуле:

$$R_{\phi} = r \left(\frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} + R_{вн} + \frac{1}{\alpha_{н}} \right). \quad (1.8)$$

Для расчета сопротивления теплопередаче конструкций, расположенных на грунте, применяют упрощенную методику, в соответствии с которой поверхность пола и стен (при этом пол рассматривается как продолжение стены) по грунту делится на полосы шириной 2 м, параллельные стыку наружной стены и поверхности земли. Отсчет зон начинается по стене от уровня земли, а если стен по грунту нет, то зоной I является полоса пола, ближайшая к наружной стене. Следующие две полосы будут иметь номера II и III, а остальная часть пола составит зону IV .

Значение условного сопротивления теплопередаче отдельных зон неутепленных полов и стен ниже уровня земли с коэффициентами теплопроводности $\lambda \geq 1,2 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$ принимают:

- для I зоны - $R_I = 2,1 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$;
- для II зоны - $R_{II} = 4,3 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$;
- для III зоны - $R_{III} = 8,6 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$;
- для IV зоны - $R_{IV} = 14,2 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$.

Сопротивление теплопередаче утепленных полов, расположенных на грунте, для каждой зоны

$$R_{y.пл.} = \sum_{i=1}^n R_i + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_{y.c.i}}{\lambda_{y.c.i}} \quad (1.9)$$

где i – номер зоны;

$\sum \delta_{y.c.}/\lambda_{y.c.}$ – сумма термических сопротивлений утепляющих слоев (с $\lambda < 1,2$ Вт/м²°С).

Сопротивление теплопередачи полов на лагах:

$$R_{л}=1,18R_{y.пл.} \quad (1.10)$$

Фактическое приведенное сопротивление теплопередаче окон, витражей, балконных и наружных дверей принимается на основании результатов сертификационных испытаний. При их отсутствии приведенное сопротивление можно принимать по [2].

Величина приведенного сопротивления воздухопроницанию окон жилых и общественных зданий , при $\Delta p_0 = 10$ Па , должна по сертификату соответствия на заполнение проема быть больше требуемого по (1.5).

Фактическое сопротивление выбранной светопрозрачной конструкции $R_{и\phi}, \frac{м^2 \cdot ч \cdot Па}{кг}$, определяют по формуле:

$$R_{и\phi} = \frac{1}{G_{\phi}} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^n \quad (1.11)$$

где n - показатель режима фильтрации светопрозрачной конструкции, полученный в результате испытаний;

G_{ϕ} –воздухопроницаемость ограждающей конструкции, полученная в результате испытаний при $\Delta p_0 = 10$ Па, кг/м²ч.

По показателям воздухопроницаемости ГОСТ 23166-99 [6] подразделяет оконные и балконные дверные блоки в деревянных, пластиковых и металлических переплетах на 5 классов.

1.3 Энергетическая эффективность проекта

Определение энергоэффективности объекта проектирования предполагает:

а) Расчет комплекса показателей, необходимых для оценки здания с позиции эффективности использования энергии, в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012:

- к приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций здания;

- ограничению минимальной температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций в холодный период года, за исключением светопрозрачных конструкций с вертикальным остеклением (санитарно-гигиеническое требование);

- тепловой защите;

- воздухопроницаемости ограждающих конструкций;

- эффективности расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию (удельной теплозащитной характеристике, расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию).

б) Определение нормативных показателей энергоэффективности

с) Составление энергетического паспорта объекта

д) Разработку пассивных и активных мероприятий по повышению энергетической эффективности объекта.

Ограничение температуры и конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции

Температура внутренней поверхности наружных ограждений t_{int} , °С, при расчетных условиях определяется по формуле:

$$\tau_{si} = \frac{t_{int} - n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{R_o \cdot \alpha_{int}}, \quad (1.12)$$

где t_{int} – расчетная температура внутреннего воздуха в холодный период года, °С;

t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, °С;

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

R_o – приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания, м²·°С/Вт;

α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности, Вт/(м²·°С).

Согласно табл. 5 [2] для перекрытий и стен необходимо не превышать величины нормируемого температурного перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой поверхности конструкции.

Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции для общественного здания составляет: для покрытия – 3 °С, для стен – 4 °С.

Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию q_{om}^p , Вт/м³·°С, определяется по формуле (Г.1) [2]:

$$q_{om}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \nu \zeta] (1 - \xi) \beta_h, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ С} \quad (1.13)$$

$k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/м³·°С, определяется в соответствии с приложением Ж [2];

$k_{\text{вент}}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/м³·°С;

$k_{\text{быт}}$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/м³·°С;

$k_{\text{рад}}$ – удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/м³·°С;

ξ – коэффициент, учитывающий снижение тепlopотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, $\xi = 0$;

$\beta_{\text{h}} = 1,07$ – 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;

$\nu = 0,7 + 0,000025 \cdot (\text{ГСОП} - 1000)$ – коэффициент снижения тепlopоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций, равный $\nu = 0,7 + 0,000025 \cdot (4515 - 1000) = 0,79$;

ζ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления.

Удельная теплoзащитная характеристика здания, $k_{\text{об}}$, Вт/м³·°С, рассчитывается по формуле (Ж.1) [2]:

$$k_{\text{об}} = \frac{1}{V_{\text{от}}} \cdot \sum_i \left(n_{t,i} \cdot \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}} \right) = K_{\text{комп}} K_{\text{общ}} \quad (1.14)$$

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

Коэффициент компактности здания $K_{\text{комп}}$, м⁻¹, определяемый по формуле (Ж.3) [2]:

$$K_{\text{комп}} = \frac{A_n^{\text{сум}}}{V_{\text{от}}}, \text{ м}^{-1}; \quad (1.15)$$

Коэффициент остекленности фасадов здания согласно п.9 приложения Б [2] составляет:

$$K_{\text{комн}} = \frac{A_{\text{ок1}}}{(A_{\text{ст}} + A_{\text{ок1}} + A_{\text{дв}})}$$

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется по формуле (5.5) [2]:

$$k_{\text{об}}^{\text{мп}} = \frac{0,16 \cdot \frac{1}{\sqrt{V_{\text{от}}}}}{0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61}; \quad (1.16)$$

$$k_{\text{об}}^{\text{мп}} = \frac{0,16 \cdot \frac{1}{\sqrt{20256}}}{0,00013 \cdot 4515 + 0,61} = 0,19 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°C}}.$$

Удельная теплозащитная характеристика здания, $k_{\text{об}}$ не превышает нормируемого значения $k_{\text{об}}^{\text{мп}}$, что соответствует комплексным требованиям к теплозащитной оболочке, изложенным в п.5 [2].

Удельная вентиляционная характеристика здания $k_{\text{вент}}$, определяется по формуле (Г.2) [2]:

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \cdot c \cdot n_{\text{в}} \cdot \beta_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}}^{\text{вент}} \cdot (1 + k_{\text{эф}}); \quad (1.17)$$

При этом:

- $c = 1$ кДж/(кг°С) – удельная теплоемкость воздуха;
- $\beta_{\text{в}} = 0,85$ – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций;
- $k_{\text{эф}}$ – коэффициент эффективности рекуператора;
- $\rho_{\text{в}}^{\text{вент}}$ – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период ;
- $n_{\text{в}}$ – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, определяемая по формуле (Г.4) [2]:

$$n_{\text{в}} = \frac{\frac{L_{\text{вент}} \cdot n_{\text{вент}}}{168} + \frac{G_{\text{инф}} \cdot n_{\text{инф}} \cdot \rho_{\text{вент}}}{168}}{\beta_{\text{в}} \cdot V_{\text{от}}}; \quad (1.18)$$

где $L_{\text{вент}}$ – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке.

$n_{\text{вент}}$ – число часов работы механической вентиляции в течение недели, $n_{\text{вент}}=72$;

168 - число часов в неделе;

$G_{\text{инф}}$ – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч: для общественных зданий – воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей в нерабочее время, определяемое согласно пункту Г.3 [2] как:

$$G_{\text{инф}} = 0,1 \cdot \beta_v \cdot V_{\text{общ}}; \quad (1.19)$$

Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, $k_{\text{быт}}$, Вт/(м³·°C), определяется по формуле (Г.6) [2]:

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} \cdot A_p}{V_{\text{от}} \cdot (t_v - t_{\text{от}})}; \quad (1.20)$$

где $q_{\text{быт}}$ – величина бытовых тепловыделений на 1 м² расчетной площади здания (A_p).

Удельную характеристику тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, $k_{\text{рад}}$, Вт/(м³·°C), определяется по формуле (Г.7) [2]:

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot Q_{\text{рад}}^{\text{зоd}}}{V_{\text{от}} \cdot \text{ГСОП}} \quad (1.21)$$

Тепlopоступления через окна от солнечной радиации в течение отопительного периода для четырех фасадов здания, ориентированных по четырем направлениям, определяются по формуле (Г.8) [2]:

$$Q_{\text{рад}}^{\text{зоd}} = \tau_{1\text{ок}} \cdot \tau_{2\text{ок}} \cdot (A_{\text{ок1}} \cdot I_1 + A_{\text{ок2}} \cdot I_2 + A_{\text{ок3}} \cdot I_3 + A_{\text{ок4}} \cdot I_4) + \tau_{1\text{фон}} \cdot \tau_{2\text{фон}} \cdot A_{\text{фон}} \cdot I_{\text{зор}}, \quad (1.22)$$

где $\tau_{1\text{ок}}$, $\tau_{1\text{фон}}$ – коэффициенты относительного пропускания солнечной радиации для светопропускающих заполнений соответственно окон и зенитных фонарей;

$\tau_{2\text{ок}}$, $\tau_{2\text{фон}}$ – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема окон;

$A_{\text{ок}i}$ – площади светопроемов фасадов здания,;

$A_{\text{фон}}$ – площадь светопроемов зенитных фонарей;

I_1, I_2, I_3, I_4 – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности /

Для оценки достигнутой в здании потребности в энергии на отопление и вентиляцию по таблице 15[2] определяется класс энергосбережения.

2 Пример расчета

Краткая характеристика объекта проектирования

Пятиэтажное четырехсекционное здание малосемейного общежития расположено в г. Курске. Ориентация фасада северо-восток. Конструктивная схема здания бескаркасная с несущими стенами, выполненными из силикатного кирпича. В здании расположено 40 квартир.

За относительную отметку 0,000 принята отметка чистого пола 1 этажа. Высота здания от пола первого этажа до обреза вытяжной шахты 16,5 м, высота этажа 2,7 м. Отапливаемая площадь здания $A_{\text{от}}=3149,700 \text{ м}^2$, жилая площадь помещений $A_{\text{ж}}=1603,750 \text{ м}^2$, отапливаемый объем здания $V_{\text{от}}=8365,600 \text{ м}^3$, общая площадь наружных ограждающих конструкций $A_{\text{огр}}=3342,270 \text{ м}^2$.

Размеры здания в осях 60×12м. В здании имеется подвал и чердак.

Характеристика ограждающих конструкций

Условия эксплуатации ограждающих конструкций устанавливаются по таблице 2 СП 50.13330.2012 в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства для выбора теплотехнических показателей материалов наружных ограждений – Б.

Наружные стены ($A_{ст}=1663,440 \text{ м}^2$) выполнены кладкой из сплошного силикатного кирпича (ГОСТ 379-95) толщиной 380 мм на цементно-песчаном растворе, слоя штукатурки из известково-песчаного раствора по ГОСТ 28013-98 толщиной 30 мм.

Чердачное перекрытие ($A_{чд}=629,94 \text{ м}^2$) выполнено из железобетонных плит (ГОСТ 13015-2012) толщиной 220 мм, гравия керамзитового (ГОСТ 9757-90) толщиной 100 мм, стяжки из цементно-песчаного раствора (ГОСТ 28013-98) толщиной 40 мм.

Перекрытие над подвалом ($A_{пд}=629,94 \text{ м}^2$) выполнено из железобетонных плит (ГОСТ 13015-2012) толщиной 220 мм, гравия керамзитового (ГОСТ 9757-90) толщиной 100 мм, стяжки из цементно-песчаного раствора (ГОСТ 28013-98) толщиной 40 мм.

Светопрозрачные конструкции окна ($A_{ок}=406,35 \text{ м}^2$) выполнены из ПВХ профиля по ГОСТ 23166-99, класса Г2 по приведенному сопротивлению теплопередаче, с заполнением двухкамерным стеклопакетом в одинарном переплете из обычного стекла. Требованиям к теплозащитной оболочке здания, изложенным в п.5 СП 50.13330.2012 соответствует изделие с трехкамерными профилями коробок и створок, с двухкамерным стеклопакетом 4М1-8-4М1-8-4М1 из ПВХ профиля, с приведенным сопротивлением теплопередаче по таблице 2 ГОСТ 30674-99 $R^{np}_{o,ок}=0,49, \text{ м}^2\text{°C/Вт}$.

Входные двери в здание ($A_{вх.дв.}=12,6 \text{ м}^2$) выполнены стальными по ГОСТ 31173-2003 2 класса по показателю приведенного сопротивления теплопередаче полотна $R^{np}_{овх.дв.}=0,975, \text{ м}^2\text{°C/Вт}$.

Сведения о расчетных параметрах наружного воздуха

Расчетные параметры наружного воздуха для устройства отопления установлены по требованиям п.5.13 СП 60.13330.2012 как параметры Б по данным п.10 и табл.3.1 [4]:

- температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 – $t_H=-24, \text{ °C}$;
- максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь – $V=3,6, \text{ м/с}$.

Расчетные параметры наружного воздуха для устройства тепловой защиты здания установлены:

- средняя температура отопительного периода по требованиям п.5.2 СП 50.13330.2012 по данным табл. 3.1 [4] – $t_{cp. om} = -2,3$, °С;
- продолжительность отопительного периода по требованиям п.5.2 СП 50.13330.2012 по данным табл. 3.1 [4] – $Z = 194$, суток;
- зона влажности территории по приложению В СП 50.13330.2012 – нормальная.

Расчетные параметры внутреннего воздуха

По требованиям п. 5.1 СП 60.13330.2012 в отопительный период в обслуживаемой зоне всех отапливаемых помещений проектируемого здания (кроме помещений, для которых параметры микроклимата установлены другими нормативными документами), температура воздуха поддерживается минимальной из оптимальных температур по ГОСТ 30494-2011. В обслуживаемой зоне жилых зданий (кроме жилых помещений) – минимальная из допустимых температур по ГОСТ 30494-2011. Сведения о расчетных температурах внутреннего воздуха приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Расчетные температуры внутреннего воздуха

Наименование помещения	Расчетная температура, °С
Жилая комната	20
Кухня	18
Лестничная клетка	14
Санузел	18
Ванная комната	24

Ограничение температуры внутренней поверхности и недопущение конденсации влаги

Для окон $t_{si} = (20 - (20 - (-24))) / (0,49 \cdot 8) = 8,776$ °С.

Эта величина выше минимально допустимой температуры +3 °С (п.5.7 СП 50.13330.2012), таким образом, температура внутренней поверхности окна удовлетворяет условиям п.5.7 СП 50.13330.2012.

Температура внутренней поверхности наружных ограждений должна быть не ниже точки росы $t_d = 10,7$ °С по таблице 3 СП 23-101-2004 и п.5.7 СП 50.13330.2012.

Температура внутренней поверхности наружных ограждений:

- стен $t_{si}=(20-(20-(-24)))/(0,527\cdot 8,7)= 10,403\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- входных дверей $t_{si}=(20-(20-(-24)))/(0,225\cdot 8,7)= -2,478\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- чердачного перекрытия $t_{si}=(20-(20-(-24)))/(1,19\cdot 8,7)= 15,750\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- перекрытия над подвалом $t_{si}=(20-0,409(20-(-24)))/(1,33\cdot 8,7)= 18,445\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Величины расчетных значений температуры внутренней поверхности приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Температура внутренней поверхности наружных ограждений

Наименование фрагмента	t, °C
Окна	8,776
Стены	10,403
Входные двери	-2,478
Чердачное перекрытие	15,750
Перекрытие над подвалом	18,445

Согласно таблице 5 СП 50.13330.2012 для перекрытий и стен необходимо не превышать величину нормируемого температурного перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции Δt^H , °C:

- для стен $\Delta t^H= 4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- для чердачных перекрытий $\Delta t^H= 3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- для перекрытий над подвалами $\Delta t^H= 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Расчетный температурный перепад:

- для стен $\Delta t^P=20-10,403=9,597\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- для чердачных перекрытий $\Delta t^P= 20-15,750=4,250\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- для перекрытий над подвалами $\Delta t^P=20-18,445=1,555\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренних поверхностей ограждающих конструкций не соблюдается.

Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на

отопление и вентиляцию здания $q_{от}^p$, Вт/(м³ · °С), определяется по формуле Г.1 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

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

где $k_{об}$ - удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³ · °С), определяется в соответствии с приложением Ж СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»;

$k_{вент}$ - удельная вентиляционная характеристика здания определяется по формуле Г.2 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003», Вт/(м³ · °С);

$k_{быт}$ - удельная характеристика бытовых тепловыделений здания определяется по формуле Г.6 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003», Вт/(м³ · °С);

$k_{рад}$ - удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации определяется по формуле Г.7 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003», Вт/(м³ · °С);

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

β_h - коэффициент, учитывающий дополнительное теплопотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплопотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения для многосекционных и других протяженных зданий $\beta_h = 1,13$;

v - коэффициент снижения тепlopоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций определяется по формуле:

$$v = 0,7 + 0,000025(GCOP - 1000) = 0,7 + 0,000025(4326,2 - 1000) = 0,783;$$

ζ - коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления, в двухтрубной системе отопления с термостатами и без

авторегулирования на вводе: $\zeta = 0,9$;

Удельная теплозащитная характеристика здания, $k_{об}$, Вт/(м³·°C), рассчитывается по формуле Ж.1 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \cdot \sum (n \cdot \frac{A_{ф}}{R_j^{np}}),$$

где $R_{o,i}^{np}$ - приведенное сопротивление теплопередаче i -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, (м²·°C)/Вт;

$A_{ф,i}$ - площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м²;

$V_{от}$ - отапливаемый объем здания, м³;

n - коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП, определяется по формуле 5.3;

$k_{общ}$ - общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°C), определяется по формуле Ж.2:

$$k_{общ} = \frac{1}{A_{сум}} \cdot \sum (n \cdot \frac{A_{ф}}{R_j^{np}});$$

$k_{комп}$ - коэффициент компактности здания, м⁻¹, определяется по формуле Ж.3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

$$k_{комп} = \frac{A_{сум}}{V_{от}};$$

$A_{сум_n}$ - сумма площадей (по внутреннему обмеру) всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания, м².

$$k_{об} = \frac{1}{8365,60} (1 \frac{406,35}{0,49} + 1 \frac{1663,44}{0,527} + 1 \frac{12,60}{0,225} + 1 \frac{629,94}{1,19} + 0,409 \frac{629,94}{1,33}) = 0,57,$$

Вт/(м³·°C);

$$k_{общ} = \frac{1}{3342,27} (1 \frac{406,35}{0,49} + 1 \frac{1663,44}{0,527} + 1 \frac{12,60}{0,225} + 1 \frac{629,94}{1,19} + 0,409 \frac{629,94}{1,33}) = 1,43,$$

Вт/(м²·°C);

$$k_{\text{комп}} = \frac{3342,27}{8365,60} = 0,4, \quad \text{м}^{-1};$$

Коэффициент остекленности фасадов здания определяется согласно п.9 приложения Б СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

$$f = \frac{A_{\text{ок}}}{A_{\text{ст}} + A_{\text{ок}} + A_{\text{дв}}},$$

$$f = \frac{406,35}{1663,44 + 406,35 + 12,6} = 0,195.$$

Расчет удельной теплозащитной характеристики здания оформлен в виде таблицы 2.3 согласно приложению Ж СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

Таблица 2.3 - Расчет удельной теплозащитной характеристики здания

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{\text{ф},i}, \text{м}^2$	$R^{\text{пр}}_{o,i}, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	$n_{t,i} A_{\text{ф},i} / R^{\text{пр}}_{o,i}, \text{Вт}/\text{°C}$	%
окна	1,000	406,350	0,490	829,286	17,404
стены	1,000	1663,440	0,527	3156,433	66,245
входные двери	1,000	12,600	0,225	56,000	1,175
чердачное перекрытие	1,000	629,941	1,19	529,361	11,110
перекрытие над подвалом	0,409	629,941	1,33	193,718	4,066
сумма	-	-	-	4764,798	100

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания $k^{\text{тр}}_{об}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ определяется по формуле 5.5 и 5.6 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003». При достижении величиной $k^{\text{тр}}_{об}$, вычисленной по (5.5), значений меньших, чем определенных по формуле (5.6), следует принимать значения $k^{\text{тр}}_{об}$,

определенные по формуле (5.6):

$$k_{об}^{mp} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{om}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61},$$

$$k_{об}^{mp} = \frac{8,5}{\sqrt{ГСОП}},$$

$$k_{об}^{mp} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{8365,60}}}{0,00013 \cdot 4326,2 + 0,61} = 0,23, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}).$$

$$k_{об}^{mp} = \frac{8,5}{\sqrt{4326,2}} = 0,129,$$

Т.к. $0,23 > 0,129$ принимаем $k_{об}^{mp} = 0,23, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}).$

Удельная теплозащитная характеристика здания, $k_{об} = 0,57, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ превышает нормируемое значение $k_{об}^{mp} = 0,23, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$, что не соответствует требованиям к теплозащитной оболочке изложенным в п.5 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003».

Удельная вентиляционная характеристика здания $k_{вент}, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$, определяется по формуле Г.2 приложения Г СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

$$k_{вент} = 0,28 c_n \beta_v p_v^{вент} (1 - k_{эф}),$$

где c - удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{°С})$;

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

p_v - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, $\text{кг}/\text{м}^3$, определяется по формуле Г.3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

$$p_v = 353 / (273 + t_{от}) = 353 / (273 + (-2,3)) = 1,304 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$t_{от}$ - средняя температура наружного воздуха отопительного периода, °С ;

$k_{эф}$ - коэффициент эффективности рекуператора;

n_v - средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, $ч^{-1}$, определяемая по формуле 4 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

$$n_v = [(L_{вент} \cdot n_{вент}) / 168 + (G_{инф} \cdot n_{инф}) / 168 \cdot p_v^{вент}] / \beta_v \cdot V_{от},$$

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

$$L_{вент} = 3 \cdot A_{ж} = 3 \cdot 1603,75 = 4811,25 \quad м^3/ч, \quad \text{но не менее } 30m = 30 \cdot 140 = 4200;$$

где m - расчетное число жителей в здании;

$G_{инф}$ - количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в лестничную клетку жилого здания через неплотности заполнения проемов, полагая, что все они находятся на наветренной стороне, определяется по формуле Г.5 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

$$G_{инф} = (A_{ок} / R_{тр_{и ок}}) (\Delta p_{ок} / 10)^{2/3} + (A_{дв} / R_{тр_{дв}}) (\Delta p_{дв} / 10)^{1/2},$$

$$G_{инф} = (64,8 / 0,36) (10,063 / 10)^{2/3} + (12,6 / 3,45) (24,151 / 10)^{1/2} = 186,425 \quad кг/ч,$$

$$n_v = ((4200 \cdot 168) / 168 + 186,425 \cdot 168 / (168 \cdot 1,304)) / (0,85 \cdot 8365,6) = 0,61 \quad ч^{-1}.$$

Кратность воздухообмена здания за отопительный период n_v , $ч^{-1}$ соответствует требованиям 10.2 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003».

$$k_{вент} = 0,28 \cdot 1 \cdot 0,611 \cdot 0,85 \cdot 1,304 (1 - 0) = 0,190 \quad Вт / (м^3 \cdot ^\circ C).$$

Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, $k_{быт}$, $Вт / (м^3 \cdot ^\circ C)$, определяется по формуле Г.6 приложения Г СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

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

где $q_{быт}$ - величина бытовых тепловыделений на $1 м^2$ площади жилых помещений ($A_{ж}$) $Вт/м^2$, принимаемая для жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее $20 м^2$ общей площади на человека $q_{быт} = 17 Вт/м^2$,

t_v - расчетная температура внутреннего воздуха здания, $^\circ C$;

$t_{от}$ - средняя температура наружного воздуха, °С;

$A_{ж}$ - площадь жилых помещений м².

$$k_{\text{быт}} = \frac{17 \cdot 1603,75}{8365,6 \cdot (20 - (-2,3))} = 0,146, \text{ Вт/м}^2.$$

Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, $k_{\text{рад}}$, Вт/(м³ · °С), определяется по формуле Г.7 приложения Г СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

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

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 Г.8 приложения Г СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»:

$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = \tau_{1\text{ок}} \cdot \tau_{2\text{ок}} \cdot (A_{\text{ок1}} \cdot J_{\text{ок1}} + A_{\text{ок2}} \cdot J_{\text{ок2}} + A_{\text{ок3}} \cdot J_{\text{ок3}} + A_{\text{ок4}} \cdot J_{\text{ок4}}) + \tau_{1\text{фон}} \cdot \tau_{2\text{фон}} \cdot A_{\text{фон}} \cdot J_{\text{гор}},$$

где $\tau_{1\text{ок}}$, $\tau_{1\text{фон}}$ - 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;

$\tau_{2\text{ок}}$, $\tau_{2\text{фон}}$ - 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, м²;

$A_{\text{фон}}$ - площадь светопроемов зенитных фонарей здания, м²;

I_1 , I_2 , I_3 , I_4 - средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания, МДж/(м² · год).

$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = 0,8 \cdot 0,74(211,5 \cdot 934 + 134,1 \cdot 396 + 45,9 \cdot 934 + 45,9 \cdot 396) = 18452$
1,427 МДж/год,

Тогда $k_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot 18452,427}{8365,6 \cdot 4326,2} = 0,06,$ Вт/(м³ · °С).

Подставляем полученные значения в формулу Г.1:

$q_{\text{от}}^{\text{р}} = [0,57 + 0,19 - (0,146 + 0,06)0,783 \cdot 0,9](1 - 0)1,13 =$
0,694 Вт/(м³ · °С)

Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, $q_{\text{от}}^{\text{тр}}$ Вт/(м³ · °С) определяется по таблице 14 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003».

Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий $q_{\text{от}}^{\text{тр}} = 0,359$ Вт/(м³ · °С) меньше расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания $q_{\text{от}}^{\text{р}} = 0,694$ Вт/(м³ · °С), что не соответствует требованиям п.10 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003».

Отклонение расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой (базовой) величины в %:

$$\frac{0,694 - 0,359}{0,359} 100 = 93,34 \%$$

Для оценки в здании потребности энергии на отопление и вентиляцию по таблице 15 [2] определяем класс энергосбережения. Величина отклонения расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой составляет 93,34 %, что соответствует классу энергосбережения Е (низкий).

Библиографический список

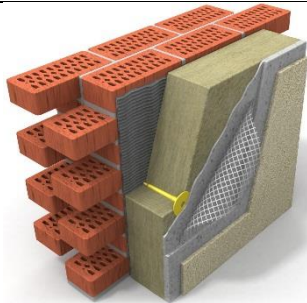

1. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 28.12.2013) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2014)
2. СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий»
3. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»
4. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология»
5. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
6. ГОСТ 23166-99 Межгосударственный стандарт. Блоки оконные. Общие технические условия.

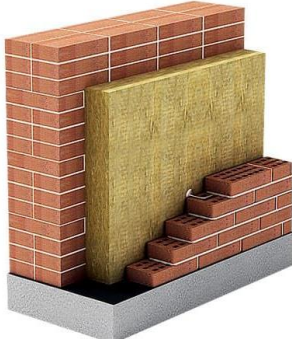
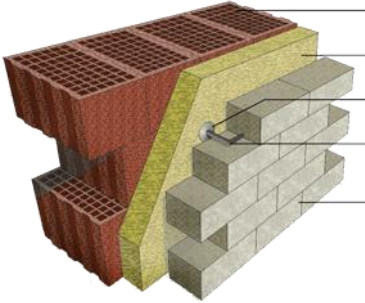
Приложение 1

Индивидуальные задания

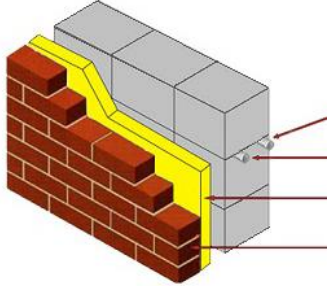
Таблица П1.1.

№ варианта (планировки)	Район строительства	Наружные стены	Конструктивные особенности
1	2	6	7
1	Барнаул	 <p data-bbox="801 1150 1503 1273">Кирпич глиняный обыкновенный Экструдированный пенополистирол Кирпич облицовочный</p>	Подвал ниже уровня земли, чердак
2	Архангельск		
3	Астрахань		
4	Уфа		
5	Белгород		
6	Брянск		
7	Владимир		
8	Муром		
9	Волгоград		
Техническое подполье, совмещенная кровля			

№ варианта (планировки)	Район строительства	Наружные стены	Конструктивные особенности
1	2	6	7
10	Камышин	 <p data-bbox="801 868 1480 986">Кирпич глиняный обыкновенный Базальтовые плиты Штукатурка</p>	<p data-bbox="1547 699 2018 817">Подвал со световыми проемами, совмещенная крыля</p>
11	Вологда		
12	Воронеж		
13	Махачкала		
14	Иваново		
15	Кинешма		
16	Братск		
17	Калининград		
18	Калуга	 <p data-bbox="801 1305 1211 1423">Газобетон Базальтовое волокно Кирпич силикатный</p>	<p data-bbox="1547 1002 2018 1040">Полы по грунту, чердак</p>
19	Петропавловск-Камчатский		
20	Кемерово		
21	Киров		
22	Кострома		
23	Сочи		
24	Тихорецк		
25	Керчь		
26	Севастополь		
27	Симферополь		

№ варианта (планировки)	Район строительства	Наружные стены	Конструктивные особенности
1	2	6	7
28	Феодосия	 <p data-bbox="801 949 1478 1070">Кирпич глиняный обыкновенный Минераловатные плиты Кирпич облицовочный</p>	Подвал ниже уровня земли, чердак
29	Ялта		
30	Курск		
31	Липецк		
32	Санкт-Петербург		
33	Саранск		
34	Москва		
35	Нижний Новгород		
36	Великий Новгород		
37	Оренбург	 <p data-bbox="801 1385 1182 1422">Блок керамический</p>	Цокольный 1 этаж, совмещенная кровля
38	Орел		
39	Пенза		
40	Пермь		
41	Псков		
42	Миллерово		
43	Ростов-на-Дону		

№ варианта (планировки)	Район строительства	Наружные стены	Конструктивные особенности
1	2	6	7
		Минеральная вата Кирпич облицовочный	
44	Таганрог		Техническое подполье, совмещенная кровля
45	Рязань		
46	Самара		
47	Саратов		
48	Екатеринбург		
49	Смоленск		
50	Пятигорск		
51	Ставрополь		
52	Тамбов		
53	Казань		
54	Ржев	Железобетон Пенополистирол Вентфасад	Полы по грунту, чердак
55	Тверь		
56	Тула		
57	Ижевск		
58	Хабаровск		
59	Челябинск		

№ варианта (планировки)	Район строительства	Наружные стены	Конструктивные особенности
1	2	6	7
60	Грозный	 <p data-bbox="804 900 1249 1023">Пенобетон Пенолистирол Кирпич облицовочный</p>	
61	Чебоксары		
62	Ярославль		