

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Инженерно-строительный институт
Высшая школа гидротехнического и энергетического строительства

Ориентировочная структура курсовой работы (проекта)

КУРСОВАЯ РАБОТА (ПРОЕКТ)

Энергетический паспорт здания

по дисциплине «Энергоресурсосбережение в городском хозяйстве»

Выполнил

Руководитель

проф., ВШГиЭС, проф., д.т.н.

В.И. Масликов

«__» _____ 2023 г.

Санкт-Петербург

2023

ЗАДАНИЕ (прилагается)

Содержание

1. Объемно-планировочное и конструктивное решения здания.....	4
2. Теплотехнические расчеты ограждающих конструкций здания.....	5
2.1. Теплотехнический расчет наружной стены	5
2.2. Теплотехнический расчет чердачного перекрытия	7
2.3. Теплотехнический расчет перекрытия над подвалом	9
2.4. Определение сопротивления теплопередаче окон и балконных дверей..	11
2.5. Расчет приведенного трансмиссионного коэффициента теплопередачи.	12
3. Расчеты энергетических показателей здания.....	19
3.1. Расчет годового потребления теплоты на отопление и вентиляцию.....	19
3.2. Расчетный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания в отопительный период	22
3.3. Определение класса энергетической эффективности жилого здания	23
4. Энергетические нагрузки здания.....	26
5. Определение расчетных расходов холодной и горячей воды и тепловой энергии на горячее водоснабжение жилой части здания.....	28
6. Решения по инженерным система и оборудованию для эффективного использования энергии.....	29
Заключение.....	35
Список литературы.....	35
Приложения.....	37
Чертежи.....	

1. Объемно-планировочное и конструктивное решения здания

Эксплуатируемое здание представляет собой ? -этажный ??секционный жилой дом с холодным подвалом, где расположены инженерные коммуникации и неотапливаемым чердаком.

На всех этажах располагаются жилые помещения. В здании предусмотрено ? -квартир, из них: ?- однокомнатные ?- двухкомнатные и ?-трехкомнатные квартиры. Высота потолков составляет ?- м. Общая высота здания от пола первого этажа до верха вентиляционной шахты составляет $H = ?$ м, геометрическая высота до верхнего санитарно-технического прибора составляет H_{geom} м. Конструктивная схема секции ? (– самонесущие продольные стены, выполненные из трехслойных железобетонных панелей с минераловатным утеплителем.) Несущие поперечные стены, выполненные из железобетонных панелей. Кровля – плоская с холодным чердаком неэксплуатируемая, с внутренним водостоком.

Объемно-планировочные показатели:

- строительный объем здания – ? м³,
в том числе отапливаемая часть – ? м³;
- общая площадь квартир – ? м²;
из них площадь жилых помещений – ? м²;
- количество жителей – ? чел. (из расчета 1 чел. на ? 18 м² площади).

Подвал здания не отапливается, в связи с этим отапливаемый объем здания ограничивается цокольным перекрытием первого этажа. Климатические данные, используемые в расчетах приведены в разделе 2 энергетического паспорта (приложении А).

2. Теплотехнические расчеты ограждающих конструкций здания

2.1. Теплотехнический расчет наружной стены (пример)

Наружные стены рассматриваемого жилого здания состоят из следующих слоев (свой вариант):

- гипсовая штукатурка с коэффициентом теплопроводности $\lambda_B = ?$ Вт/(м · °С) толщиной $\delta = 15$ мм;
- бетон с коэффициентом теплопроводности $\lambda_B = ?$ Вт/(м · °С) толщиной $\delta = 60$ мм;
- плиты утеплителя из минеральной ваты с коэффициентом теплопроводности $\lambda_B = 0,085$ Вт/(м · °С) (с учетом снижения теплоизоляционных свойств на 25% из-за старения материала) толщиной $\delta = 140$ мм; (принять в качестве расчетного значения)
- бетон $\lambda_B = ?$ Вт/(м · °С) толщиной $\delta = 100$ мм.

Требуемое сопротивление теплопередаче R_{0}^{TP} , исходя из нормативных требований к приведенному сопротивлению теплопередаче определяется формуле:

$$R_{0}^{TP} = a \cdot \text{ГСОП} + b, \quad (1)$$

где a и b – коэффициенты, принимаемые по табл. 3 СП 50.13330.2012 для соответствующих групп зданий. Для ограждающей конструкции (наружные стены) и типа здания (жилые) $a = 0,00035$; $b = 1,4$

Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, °С·сут определяются по формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_B - t_{\text{от.пер.}}) \cdot z_{\text{от.}}, \quad (2)$$

где $t_B = ^\circ\text{C}$ – расчетная средняя температура внутреннего воздуха в здании;

$t_{om} = - ^\circ\text{C}$ – средняя температура наружного воздуха, принимаемая по СП 131.13330.2018 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8 °С для жилых зданий;

$z_{от} = \tau_{сут}$ – продолжительность отопительного периода принимаемая по СП131.13330.2018 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8 °С для жилых зданий.

Тогда

$$G_{СОП} = (\tau - (-\tau)) \cdot \tau = \tau^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$$

Определяем значение требуемого сопротивления теплопередачи $R_{ст}^{тр}$ ($\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$):

$$R_{ст}^{тр} = 0,00035 \cdot \tau + 1,4 = \tau^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче $R_{п0}^{\text{пр}}$ ($\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$) определяется по формуле:

$$R_{ст}^{\text{пр}} = r \left(\frac{1}{\alpha_{в}} + R_{к} + \frac{1}{\alpha_{н}} \right), \text{ где } R_{к} = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_{Bi}}, \quad (3)$$

где $r = ?$ – коэффициент теплотехнической однородности конструкции, учитывающий наличие мостиков холода (определяют в соответствии табл.6 СП 23-101-2004; или табл.8 СТО 00044807-001-2006);

$\alpha_{в}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$, принимаемый по 50.13330.2018 $\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$\alpha_{н}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, ограждающей конструкций для условий холодного периода, равный $\alpha_{н} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены здания, составит:

$$R_{ст}^{\text{пр}} = \tau^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$$

При этом должно выполняться следующее условие:

$$R_{ст}^{тр} < R_{ст}^{\text{пр}},$$

$$\text{по расчету } \tau \dots \text{м}^2 \cdot \frac{\text{C}}{\text{Вт}} > \dots \tau^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$$

Условие не выполняется. Данный вариант конструкции наружных стен не удовлетворяет требованиям СП.

Определим требуемое сопротивление теплопередаче по санитарно-гигиеническим требованиям:

$$R_{\text{стр}}^{\text{тр}} = \frac{n(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}})}{\Delta t^{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}}}, \quad (4)$$

где n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения ограждения по отношению к наружному воздуху, принимаемый для наружных стен $n = 1,0$;

$t_{\text{вн}} = ?$ °C – расчетная температура внутреннего воздуха;

$t_{\text{н}} = - ?$ °C – расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки;

$\Delta t^{\text{н}}$ – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимается равным для наружных стен $\Delta t^{\text{н}} = 4$ °C;

$\alpha_{\text{в}}$ – то же, что в формуле 3.

$$R_{\text{стр}}^{\text{тр}} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} < R_{\text{ст}}^{\text{пр}} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} < R_0^{\text{тр}} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Данное условие (не) **выполняется?**. Заданная конструкция стены (не) **соответствует?** санитарно-гигиеническим требованиям.

Необходимость проработки другого конструктивного решения наружной стены для удовлетворения экономического требования СП определится ниже, в ходе расчета удельной теплотехнической характеристики здания.

2.2. Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

Чердачное перекрытие рассматриваемого жилого здания состоит из следующих слоев (**свой вариант**):

- монолитная железобетонная плита перекрытия с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{Б}} = ?$ Вт/(м · °C) толщиной $\delta = ?$ мм;
- пароизоляция – полиэтиленовая пленка толщиной $\delta = 2$ мм и коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{Б}} = ?$ Вт/(м · °C);

- минеральная вата толщиной $\delta = ?$ мм и коэффициентом теплопроводности $\lambda_B = 0,085$ Вт/(м · °С) (с учетом снижения теплоизоляционных свойств на 25% из-за старения материала)
- цементно – песчаная стяжка с коэффициентом теплопроводности $\lambda_B = ?$ Вт/(м · °С) толщиной $\delta = 20$ мм.

Определим требуемое сопротивление теплопередачи с учетом коэффициентов при расчете покрытий и перекрытий – $a = 0,00045$, $b = 1,9$):

$$R_{\text{чер}}^{\text{тр}} = 0,00045 \cdot ? + 1,9 = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} \quad (5)$$

С учетом коэффициента теплотехнической однородности для чердачных железобетонных перекрытий $r = ?$, приведенное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия составит:

$$R_{\text{черд}}^{\text{пр}} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

$$R_{\text{черд}}^{\text{тр}} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} > R_{\text{чер}}^{\text{пр}} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Условие не выполняется. Данный вариант конструкции наружных стен не удовлетворяет требованиям СП.

Определим требуемое сопротивление теплопередаче по санитарно-гигиеническим требованиям:

$$R_{\text{черг}}^{\text{тр}} = \frac{n(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}})}{\Delta t^{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}}},$$

$\Delta t^{\text{н}}$ – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимается равным для потолка $\Delta t^{\text{н}} = 3$ °С

$$R_{\text{черг}}^{\text{тр}} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} < R_{\text{черд}}^{\text{пр}} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} < R_{\text{чер}}^{\text{тр}} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Данное условие (не) **выполняется?**. Заданная конструкция чердачного перекрытия (не) **соответствует?** санитарно-гигиеническим требованиям.

Необходимость проработки другого конструктивного решения чердачного перекрытия определится ниже, в ходе расчета удельной теплотехнической характеристики здания.

2.3. Теплотехнический расчет перекрытия над подвалом

Перекрытие здания над холодным подвалом (расчетная температура воздуха $t_{\text{под}} = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) состоит из следующих слоев (свой вариант):

- Сплошная железобетонная плита перекрытия с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{Б}} = ?\text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$ толщиной $\delta = ?\text{ мм}$;
- утеплитель – минеральная вата с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{Б}} = 0,085\text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$ (с учетом снижения теплоизоляционных свойств на 25% из-за старения материала), толщиной $\delta = ?\text{ мм}$;
- пароизоляция – полиэтиленовая пленка толщиной $\delta = 2\text{ мм}$ с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{Б}} = ?\text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;
- цементно-песчаная стяжка с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{Б}} = ?\text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$ толщиной $\delta = ?\text{ мм}$;
- древесноволокнистая плита (ДВП), плотностью $100\text{ кг}/\text{м}^3$ $\lambda_{\text{Б}} = ?\text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$ $\delta = ?\text{ мм}$;
- паркет (дуб) $\lambda_{\text{Б}} = ?\text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$ $\delta = ?\text{ мм}$.
- Определим требуемое сопротивление теплопередачи перекрытия над подвалом с учетом коэффициентов при расчете покрытий и перекрытий – $a = 0,00045$, $b = 1,9$):

$$R_{\text{под}}^{\text{тр}} = (a * \text{ГСОП} + b) * n\text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

- n -(коэффициент, учитывающий температуру в подвале) для перекрытия над техническим техподпольем:

$$n = \frac{t_{\text{под}} - t_{\text{ом}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{ом}}} = \frac{2 - (-2,7)}{20 - (-2,7)} = 0,2 \quad (10)$$

где $t_{\text{в}} = ?^{\circ}\text{C}$ — расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты;

$t_{\text{под}} = 2^{\circ}\text{C}$ - расчетная температура воздуха в техническом подполье;

$t_{\text{ом}} = ?^{\circ}\text{C}$ – средняя температура наружного воздуха в отопительный период.

Тогда, приведенное сопротивление теплопередаче перекрытия над подвалом составит:

$$R_{\text{подв}}^{\text{пр}} = ? \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт},$$

$$R_{\text{подв}}^{\text{пр}} = ? \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт} > R_{\text{под}}^{\text{тр}} = ? \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

Данное условие **выполняется?**. Следовательно, конструкция рассматриваемого ограждения (не) **удовлетворяет** требованиям СП.

Определим требуемое сопротивление теплопередаче по санитарно-гигиеническим требованиям:

$$R_{\text{подг}}^{\text{тр}} = \frac{n(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}})}{\Delta t^{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}}},$$

$\Delta t^{\text{н}}$ — нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимается равным для пола $\Delta t^{\text{н}} = 2^{\circ}\text{C}$

$$R_{\text{подг}}^{\text{тр}} = ? \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт} < R_{\text{черд}}^{\text{пр}} = ? \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

Заданная конструкция перекрытия **соответствует?** санитарно-гигиеническим требованиям.

Нет необходимости проработки перекрытия над подвалом.

2.4. Определение сопротивления теплопередаче окон и балконных дверей

В рассматриваемом здании в качестве оконного заполнения используется двойное остекление в отдельных переплетах с фактическим сопротивлением теплопередаче окон $R_{ок}^{\phi} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. Определим требуемое сопротивление теплопередачи жилых помещений расчете окон и балконных дверей по формуле:

$$R_{ок}^{тр} = 0,15 + 0,000075 \cdot ГСОП \quad (7)$$

Тогда требуемое сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей будет равно:

$$R_{ок}^{тр} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

$$R_{ок}^{тр} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_{ст}^{\phi} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Условие не выполняется. Следовательно, для обеспечения требуемого сопротивления теплопередачи окон есть необходимость в их демонтаже и замене на более энергоэффективные.

Фактическое сопротивление теплопередачи наружных деревянных утепленных дверей $R_{дв}^{\phi} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Нормируемое сопротивление теплопередаче наружных дверей должно быть не менее $0,6 \cdot R_{стг}^{тр}$, где

$$R_{стг}^{тр} = \frac{n(t_{вн} - t_{н})}{\Delta t^H \cdot \alpha_B}, \quad (8)$$

где $t_{вн}$, $t_{н}$, α_B – то же, что в формуле 6;

n – поправочный коэффициент к расчётной разности температур, который для наружных стен равен 1,0;

Δt_n – нормируемый перепад между температурами воздуха в помещении и внутренней поверхности наружного ограждения, принимаемый по нормам проектирования жилых зданий для расчёта наружных стен 4 °С;

$$R_{дв}^{тр} = \dots м^2 \cdot ^\circ C / Вт < R_{дв}^{\phi} = \dots м^2 \cdot ^\circ C / Вт - \text{что удовлетворяет требованиям СП.}$$

2.5. Расчет приведенного трансмиссионного коэффициента теплопередачи

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

$$K_{об} = \frac{\frac{n_{t,i} A_{ст}}{R_{о.ст}^{пр}} + \frac{n_{t,i} A_{ок}}{R_{о.ок}^{пр}} + \frac{n_{t,i} A_{дв}}{R_{о.дв}^{пр}} + \frac{n_{t,i} A_{черд}}{R_{о.черд}^{пр}} + \frac{n_{t,i} A_{цок}}{R_{о.цок}^{пр}}}{V}, \quad (9)$$

где $V_{от} = ? м^3$ – отапливаемый объем здания;

$n_{t,i}$ — коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, уменьшающий разность температур для наружных ограждающих конструкций здания, не сообщающихся с наружным воздухом:

- для наружных стен, покрытий и перекрытий, сообщающихся с наружным воздухом, $n_{t,i} = 1$;
- для чердачных перекрытий холодных чердаков и перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, $n_{t,i} = 0,9$;
- для перекрытия над техническим техподпольем: 1

(10)

где $t_{в} = ? ^\circ C$ — расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты;

Площади и расчетные сопротивления ограждающих конструкций, используемые для определения удельной теплозащитной характеристики здания равны:

- наружных стен: $A_{cm} = ? \text{ м}^2$; $R_{cm}^{np} = ? \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

- окон: $A_{ок} = ? \text{ м}^2$; $R_{ок}^{np} = ? \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

- наружных дверей: $A_{дв} = ? \text{ м}^2$; $R_{дв}^{np} = ? \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

- чердачных перекрытий: $A_{чп} = ? \text{ м}^2$; $R_{чп}^{np} = ? \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

- перекрытий над подвалом: $A_{цп} = ? \text{ м}^2$; $R_{цп}^{np} = ? \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Удельная теплозащитная характеристика здания:

$$k_{об} = \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Результаты произведенных расчетов представим в виде таблицы (табл. 1).

Таблица 1

Наименование фрагмента	n	$A, \text{ м}^2$	$R^{np}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$n_{t.i} \frac{A}{R^{np}}$	%
Наружные стены	1				
Окна, балконные двери, окна ЛЛЮ	1				
Наружные двери	1				
Чердачное перекрытие	?				
Перекрытие над тех. подпольем	?				
Сумма	-		-		

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется по формуле:

$$K_{об}^{mp} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{ом}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61}, \quad (11)$$

$$K_{об}^{mp} = \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$$

Как видно из полученных значений, $k_{об} = \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C} > K_{об}^{mp} \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$ удельная теплозащитная характеристика здания **(больше) %**. Поэтому необходимо доработать оболочку здания.

Оболочка здания не нуждается в доработке (если $k_{об} = \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C} > K_{об}^{mp} \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$).

Приведенный трансмиссионный коэффициент, рассчитывается по формуле:

$$K_{тр}^{np} = \frac{k_{об}}{k_{ком}} = Вт/(м^2 \cdot ^\circ C), \quad (12)$$

где $k_{об} = Вт/м^3 \cdot ^\circ C$ - удельная теплозащитная характеристика здания;

$k_{ком} = ? м^{-1}$ - показатель компактности здания.

В рассматриваемом здании применены недостаточно теплые стены (наибольший вклад в теплопотери здания вносят именно наружные стены – более %), и окна (%), при этом удельная теплозащитная характеристика больше требуемой.

Необходимо доработать теплозащитную оболочку здания за счет повышения сопротивления теплопередаче элементов:

1) наружных стен

Используем метод утепления стен. Возьмем теплоизоляционный материал плотностью $? кг/м^3$, с коэффициентом теплопроводности $\lambda = ? Вт/(м \cdot ^\circ C)$ (из таблицы Д.1 СП 23-101-2004) и толщиной $? мм$ (**обосновать выбор**). Добавим данные значения в формулу (3) для определения скорректированного приведенного сопротивления теплопередаче стен.

При использовании данного утеплителя конструкция наружных стен удовлетворяет требованиям СП 50.13330.2012.

2) окон

Деревянные окна с 2-м остеклением заменим на 3-х камерные окна ПВХ(повинилхлоридные) с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_{ок.ПВХ}^{np} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. ?

Заменяем значения сопротивления теплопередаче наружных стен и окон на $4,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ и $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, соответственно, и рассчитываем (по формуле 9) новое значение удельной теплозащитной характеристики здания (таблица 2):

$$k_{об} = ? \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C)}.$$

Наименование фрагмента	n	A, м ²	R^{np} , м ² ·°C/Вт	$n_{t.i} \frac{A}{R^{np}}$	%
Наружные стены	1				
Окна, балконные двери, окна ЛЛЮ	1				
Наружные двери	1				
Чердачное перекрытие	?				
Перекрытие над тех. подпольем	?				
Сумма	-		-		

Приведенный трансмиссионный коэффициент, рассчитывается по формуле:

$$K_{тр}^{np} = \frac{k_{об}}{k_{комп}} = ? \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}, \quad (12)$$

где $k_{об} = \text{Вт/м}^3 \cdot \text{°C}$ - удельная теплозащитная характеристика здания;

$k_{комп} = ? \text{ м}^{-1}$ - показатель компактности здания.

2.6. Расчет воздухообмена в здании

Расчет требуемого воздухообмена дома:

1. По числу жителей.

Определяем общую площадь дома, приходящуюся на 1 человека -?м²

В качестве нормативного воздухообмена жилых помещений принимаем 30 м³/ч на 1 человека, но не менее 0,35 обмена в час объема квартиры. Соответственно требуемый воздухообмен жилых помещений $L_{тр1}=30*=? \text{ м}^3/\text{ч}$ (13)

2. По жилой площади.

Жилая площадь здания равна- ?м² Принимаем необходимый объем воздуха 3 м³ на 1 м².

$$L_{тр2}=3*=? \text{ м}^3/\text{ч} \quad (14)$$

Для проведения дальнейших расчетов, используем большее из полученных по формулам 13 и 14 значений, т. е. ? м³/ч.

Далее определим разность давлений воздуха наружной и внутренней поверхности здания.

Для помещений вестибюлей входов и лестнично-лифтовых узлов (ЛЛУ) принимают расчетный воздухообмен, исходя из воздухопроницаемости светопрозрачных наружных ограждений и наружных дверей (воздухопроницаемостью стен и перекрытий пренебрегаем ввиду их несравнимой малости) под действием разности давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждения из-за теплового и ветрового напоров.

Разность давлений воздуха Δp (Па) находят в зависимости от теплового и ветрового напоров, полагая, что рассматриваемые помещения находятся под разрежением и с наветренной стороны:

- для окон и балконных дверей наружных переходов ЛЛУ

$$\Delta p = 0,28H(\gamma_n - \gamma_e) + 0,03\gamma_n v^2, \quad (15)$$

- для входных дверей в здание и окон первого нежилого этажа

$$\Delta p = 0,55H(\gamma_n - \gamma_e) + 0,03\gamma_n v^2, \quad (16)$$

где $H = 33,0$ – высота здания от отметки нижнего входа в здание до выбросной решетки на фасаде здания, м;

$V = 2,8$ м/с – скорость ветра, м/с;

γ_n, γ_e – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³, определяемый по формулам:

$$\gamma_n = 3463 / (273 + t_n); \quad (17)$$

$$\gamma_e = 3463 / (273 + t_e), \quad (18)$$

где t_n, t_e – температуры наружного и внутреннего воздуха.

Для внутреннего воздуха:

- в расчетных условиях при расчетной температуре внутреннего воздуха

$$\gamma_n = ? \text{ Н/м}^3; \quad (19)$$

- при средней температуре отопительного периода

$$\gamma_n = ? \text{ Н/м}^3 \quad (20)$$

Для наружного воздуха максимальная оптимальная температура в холодный период года для вестибюлей, лестничных клеток – 18 °С (согласно ГОСТ 30494-2011), тогда:

$$\gamma_e = ? \text{ Н/м}^3 \quad (21)$$

Соответственно, разность давлений воздуха для окон ЛЛУ и входных дверей в расчетных условиях составит:

$$\Delta p_{\text{ЛЛУ}}^p = ? \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{дв}}^p = ? \text{ Па}$$

При средней температуре отопительного периода:

$$\Delta p_{\text{ЛЛУ}}^{\text{ср}} = ? \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{дв}}^{\text{ср}} = ? \text{ Па}$$

Затем необходимо определить расход инфильтрующегося воздуха через воздухопроницаемый элемент здания, который определяется по зависимости:

Расход инфильтрующегося воздуха $G_{инф}$ (кг/ч) через воздухопроницаемый элемент здания:

$$G_{инф} = \frac{A_{ок.ЛЛУ} \left(\frac{\Delta p_{ЛЛУ}}{10} \right)^{\frac{2}{3}}}{0,6} + \frac{A_{дв} \left(\frac{\Delta p_{дв}}{10} \right)^{\frac{1}{2}}}{0,14}, \quad (22)$$

где $A_{ок.ЛЛУ}$, $A_{дв}$ - площади соответственно окон ЛЛУ, входных наружных дверей;
 Δp - расчетная и средняя разности давлений, кг/ч.

Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций согласно пункту СТО НОП 2.1-2014 окон ЛЛУ – 0,6 м²·ч/кг; входных наружных дверей – 0,14 м²·ч/кг при расчетной разности давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждения в 10 Па.

Для вестибюлей и лестничных клеток в расчетных условиях:

$$G_{инф}^p = ? \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Для вестибюлей и лестничных клеток при средней температуре отопительного периода:

$$G_{инф}^{ср} = ? \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Условный коэффициент теплопередачи здания, в расчетных и зимних условиях определяется по зависимости:

$$K_{инф.усл.р.} = 0,28(L_{вент} \cdot \rho_v + G_{инф} \cdot k_{ок}) \cdot c_a / A_{огр.сум}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)} \quad (23)$$

где $L_{вент}$ – расход наружного приточного воздуха для вентиляции;

ρ_v – плотность воздуха при расчетной температуре внутреннего воздуха, кг/м³, определяют по формуле:

$$\rho_v = 353 / (273 + t_v) = ? \text{ кг/м}^3, \quad (24)$$

где $G_{инф}$ – расход инфильтрующегося наружного воздуха через воздухопроницаемый элемент лестничной клетки многоквартирного здания кг/ч;

$k_{ок}$ – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в воздухопроницаемых конструкциях, принимают равным 0,8 – для окон и балконных дверей с двойными раздельными переплетами;

c_a – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°C), принимают $c_a = 1,006$ кДж/(кг·°C);

$A_{огр.сум}$ – суммарная площадь наружных ограждающих конструкций здания, м².

Условный коэффициент теплопередачи здания в расчетных условиях:

$$K_{инф.}^{усл.р.} = ? \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

При средней температуре отопительного периода:

$$K_{инф.}^{усл.ср.} = ? \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

3. Расчеты энергетических показателей здания

3.1. Расчет годового потребления теплоты на отопление и вентиляцию

Теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период:

$$Q_{огр.}^{год} = 24 \cdot 10^{-3} \cdot K_{тр.}^{нр} \cdot ГСОП \cdot A_{огр.сум} \quad (25)$$

где $K_{тр.}^{нр}$ – приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°C);

ГСОП = °C·сут;

$A_{огр.сум}$ = сумма площадей всех наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания, м².

$$Q_{огр}^{год} = \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации за отопительный период:

$$Q_{\frac{инф}{вент}}^{год} = 24 \cdot 10^{-3} \cdot K_{инф.}^{усл} \cdot ГСОП \cdot A_{огр.сум} \quad (26)$$

где $K_{инф.жс}^{усл}$ =- условный коэффициент теплопередачи здания в расчетных условиях, Вт/(м²·°С);

$A_{огр.сум}$, ГСОП – то же, что в формуле 22.

$$Q_{\frac{инф}{вент}}^{год} = ? \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период:

$$Q_{тп.}^{год} = Q_{огр.}^{год} + Q_{инф/вент}^{год} = ? \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (27)$$

Бытовые теплопоступления за отопительный период $Q_{быт.}^{год}$ (кВт·ч) равны:

$$Q_{быт.}^{год} = q_{быт} \cdot t \cdot z_{от.п} \cdot A_{жс} \cdot 10^{-3}, \quad (28)$$

где $t = 24\text{ч}$ – рабочее время использования помещения, ч;

$z_{от.п}$ = сут – продолжительность отопительного периода, сут, м²;

$q_{быт}$ – величина бытовых тепловыделений на 1 м² площади жилых помещений, принимаются равными $q_{быт} = 17 \text{ Вт/м}^2$;

$A_{жс}$ = площадь жилых комнат квартир, м².

$$Q_{быт.}^{год} = ? \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Теплопоступления от солнечной радиации через светопрозрачные ограждения за отопительный период для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям

$$Q_{инс}^{год} = \tau_{лок} \tau_{2ок} (A_{ок1} I_{ок1} + A_{ок2} I_{ок2} + A_{ок3} I_{ок3} + A_{ок4} I_{ок4}), \quad (29)$$

где $\tau_{лок}=0,65$ — коэффициент затенения непрозрачными элементами окон; $\tau_{2ок}=0,62$ — коэффициенты относительного пропускания солнечной радиации окон; $A_{ок.1}, A_{ок.2}$ — площади световых проемов фасадов здания, m^2 ; $A_C = m^2, A_{Ю} = 374 m^2$; I_1, I_2 — средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по разным фасадам здания, $кВт \cdot ч / m^2$. Поскольку расположение жилого дома широтное, то его помещения окнами ориентированы на юг и на север. Значение солнечной радиации определяем по СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» или по ТСН (например, табл. 4.4 ТСН 23-356-2004 для города Тихвин, Ленинградской области $Ю=1272 МДж / m^2 = 353,33 кВт \cdot ч / m^2$; на $С= 562 МДж / m^2 = 156,11 кВт \cdot ч / m^2$.)

$$Q_{инс}^{год} = кВт \cdot ч$$

Расчетный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период при непрерывном режиме отопления $Q_{от+вент}^{год.расч}$ ($кВт \cdot ч$):

$$Q_{от+вент}^{год.расч} = (Q_{огр}^{год} + Q_{инф/вент}^{год} - (Q_{быт}^{год} + Q_{инс}^{год}) \cdot \nu \cdot \zeta) \cdot (1 - \xi) \cdot \beta_{mn} =$$

$$кВт \cdot ч / год \quad (30)$$

где $Q_{огр}^{год}$ - расход тепловой энергии для компенсации трансмиссионных теплопотерь через наружные ограждения за отопительный период, $кВт \cdot ч$;

$Q_{инф/вент}^{год}$ - расход тепловой энергии на нагрев наружного воздуха, поступающего за счет инфильтрации и вентиляции за отопительный период, $кВт \cdot ч$;

$Q_{быт}^{год}$ - бытовые (технологические) теплопоступления за отопительный период, $кВт \cdot ч$;

$Q_{инс}^{год}$ - теплопоступления через светопрозрачные части окон, витражей, балконных дверей и фонарей от солнечной радиации за отопительный период, $кВт \cdot ч$;

ν - коэффициент, учитывающий снижение использования теплоступлений в период превышения их над теплотерями, принимают: 0,8 - при ГСОП = 5000 °С·сут; 0,9 - при ГСОП = 9000 °С·сут. Определяем, используя линейную интерполяцию:

$$\nu = 0,8 + \frac{0,9-0,8}{9000-5000} (\text{ ? } - 5000) = \quad (31)$$

ζ - коэффициент эффективности систем автоматического регулирования подачи теплоты на отопление; принимают равным 0,50 в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе (регулирование центральное в ЦТП или котельной в зависимости от изменения наружной температуры);

ξ - коэффициент, учитывающий снижение теплотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета потребленной тепловой энергии; из-за отсутствия статистических данных принимают $\xi = 0,15$ для квартирных систем отопления с измерением теплосчетчиком в целом на квартиру;

β_{mn} - коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери системы отопления, связанные с теплотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения; принимают 1,11 — для зданий башенного типа с неотапливаемым чердаком и техническим подпольем.

3.2. Расчетный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания в отопительный период

Расчетный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания в отопительный период $q_{от+вент}^{год.расч}$, кВт·ч/м²:

$$q_{от+вент}^{год.расч} = Q_{от+вент} / A_{кв} \quad (32)$$

где $Q_{от+вент}$ — расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания при непрерывном и постоянном режиме отопления, кВт·ч;

$A_{кв}$ = ?общая площадь квартир, м².

$$q_{от+вент}^{год.расч} = \text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$$

3.3. Определение класса энергетической эффективности жилого здания

Удельная вентиляционная характеристика здания, $k_{вент}$, Вт/(м³·°C), определяется по формуле:

$$k_{вент} = 0,28cn_{\epsilon}\beta_v\rho_v^{вент}(1 - k_{эф}) = 0,28 \cdot 1 \cdot ? \cdot 0,85 \cdot 1,2 \cdot 1 = ? \text{Вт/(м}^3\cdot\text{°C)}, (33)$$

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

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

$k_{эф}$ - коэффициент эффективности рекуператора;

$\rho_v^{вент}$ - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м³:

$$\rho_v^{вент} = 353 / (273 + t_{ом}) = 353 / (273 - 2,7) = 0,94 \text{ кг/м}^3, (32)$$

где $t_{ом} = -2,7$ °C – средняя температура наружного воздуха в отопительный период;

n_{ϵ} - средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч⁻¹

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период n_{ϵ} , определяется по формуле:

$$n_{\epsilon} = n_{\epsilon 1} + n_{\epsilon 2} \text{ ч}^{-1}, (33)$$

где $n_{\epsilon 1}$ и $n_{\epsilon 2}$ - средняя кратность воздухообмена жилой части здания и ЛЛУ, соответственно, за отопительный период:

$$n_{\epsilon 1} = L_{вент} / \beta_v V_{ом}, (34)$$

$$n_{\epsilon 2} = (G_{инфЛЛУ} \cdot n_{инф}) / (168 \cdot \rho_v^{вент}) / (\beta_v \cdot V_{ом}), (35)$$

где $L_{вент}$ = – расход наружного приточного воздуха для вентиляции, м³/ч;

$V_{ом}$ = – отапливаемый объем здания, м³;

$G_{инфЛЛУ}$ = – количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в лестничную клетку жилого здания, кг/ч;

$n_{инф} = 168$ число часов учета инфильтрации в течении недели, ч.

$$n_{\epsilon 1} = \text{ч}^{-1};$$

$$n_{\epsilon 2} = \eta^{-1};$$

$$n_{\epsilon} = 0,3 + 0,04 = \eta^{-1}.$$

Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания определяется по формуле:

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} A_{\text{жс}}}{V_{\text{от}}(t_{\epsilon} - t_{\text{от}})} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}), \quad (36)$$

где $q_{\text{быт}} = 17 \text{ Вт}/\text{м}^2$ - величина бытовых тепловыделений на 1 м^2 площади жилых помещений, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$A_{\text{жс}} =$ – жилая площадь квартир, м^2 ;

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

$t_{\epsilon} = ^\circ\text{C}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{от}} = ^\circ\text{C}$ – средняя температура наружного воздуха в отопительный период, $^\circ\text{C}$.

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

Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации определяется по формуле:

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{V_{\text{от}} \cdot \text{ГСОП}} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}), \quad (37)$$

где $Q_{\text{рад}}^{\text{год}} =$ – тепlopоступления через окна от солнечной радиации в течении отопительного периода, $\text{МДж}/\text{год}$;

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

$\text{ГСОП} = ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$ – градусо-сутки отопительного периода, $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$.

$$k_{\text{рад}} = \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{\text{от}}^p$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ определяем по формуле:

$$q_{\text{от}}^p = [k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - (k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}}) \gamma \zeta] (1 - \xi) \beta_h \quad (38)$$

где $k_{\text{об}} =$ удельная теплозащитная характеристика здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

$k_{\text{вент}} = \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ – удельная вентиляционная характеристика здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

$k_{\text{быт}} = \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

$k_{\text{рад}} = \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ - удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

ξ - коэффициент, учитывающий снижение тепlopотребления 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 тепlopотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными тепlopотерями через за радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, тепlopотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения для башенных зданий $\beta_h = 1,11$;

γ - коэффициент снижения тепlopоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемые значения определяются по формуле:

$$\gamma = 0,7 + 0,00002(\text{ГСОП} - 1000) = 0,7 + 0,00002 \cdot (-1000) = \quad (39)$$

ζ - коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления: $\zeta = 0,5$ - в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе - регулирование центральное в ЦТП или котельной.

$$q_{om}^p = \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Нормируемую удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого здания определяем по табл. 14

СП50.13330.2012: для рассматриваемого в курсовом проекте здания q_{om}^{mp}
=Вт/(м³·°C).

Величина отклонения расчетного значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого:

$$q_{om}^p = -40 \% \quad (40)$$

при величине отклонения равной – 40% класс энергосбережения жилого здания **В+** (высокий). В разработке мероприятий для повышения энергетической эффективности здания нет необходимости.

4. Энергетические нагрузки здания

Расчетные трансмиссионные теплопотери через наружные ограждения оболочки здания $Q_{огр.}^p$, кВт:

$$Q_{огр.}^p = K_{тр}^{np} \cdot A_{огр.сум} \cdot (t_{в} - t_{н}^p) \cdot \beta_{доб} \cdot 10^{-3} = ??? \text{ кВт} \quad (41)$$

где $K_{тр}^{np}$ = – приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°C);

$A_{огр.сум}$ = – сумма площадей всех наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания, м²;

$t_{в}, t_{н}^p$ = °C и - °C – расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты и расчетная температура наружного воздуха для расчета теплозащиты в холодный период года;

$\beta_{доб}$ – коэффициент, учитывающий добавочные теплопотери, связанные с ориентацией ограждений по сторонам света и повышенной температурой воздуха в угловых помещениях; при определении нагрузки системы отопления в целом по зданию принимают следующее значение: 1,13 — для жилых зданий.

Расчетный расход теплоты на нагрев наружного воздуха, поступающего за счет инфильтрации и вентиляции в жилых зданиях $Q_{инф/вент.ж}^p$, кВт:

$$Q_{инф\backslash вент.ж.}^p = K_{тр}^{np} \cdot A_{огр.сум} \cdot (t_в - t_n^p) \cdot \beta_{доб} \cdot 10^{-3}, \quad (42)$$

где $K_{инф.ж.}^{усл} = \text{Вт}(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ – условный коэффициент теплопередачи здания в расчетных условиях, $\text{Вт}(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

$A_{огр.сум}$ – сумма площадей всех наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания, м^2 ;

$t_в, t_n^p = ^\circ\text{C}$ и $^\circ\text{C}$ – расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты, $^\circ\text{C}$ и расчетная температура наружного воздуха для расчета теплозащиты в холодный период года, $^\circ\text{C}$.

$$Q_{инф\backslash вент.ж.}^p = \kappa Bm.$$

Бытовые(внутренние) тепlopоступления в жилом доме в среднем за час суток отопительного периода $Q_{быт}^p$, кВт:

$$Q_{быт}^p = q_{быт} \cdot A_{ж} \cdot 10^{-3} \quad (43)$$

где $A_{ж}$ – жилая площадь квартир, м^2 ;

$q_{быт}$ – величина бытовых тепловыделений на 1м^2 площади жилых помещений. Для жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20м^2 общей площади на человека $q_{быт} = 17 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

$$Q_{быт}^p = \kappa Bm.$$

Требуемая мощность системы отопления:

$$Q_{от.тр.}^p = \left(Q_{огр.}^p + Q_{инф\backslash вент}^p - Q_{быт}^p \right) \cdot \beta_{мп}, \quad (44)$$

где $Q_{огр.}^p =$ – расчетный расход теплоты на компенсацию трансмиссионных тепlopотерь через наружные стены ограждения оболочки здания (кВт);

$Q_{инф\backslash вент.}^p =$ – расчетный расход теплоты на нагрев наружного воздуха, поступающего за счет инфильтрации и вентиляции (кВт);

$Q_{\text{быт.}}^p$ - бытовые теплопоступления в квартирах либо в рабочих помещениях общественных зданий (кВт). При определении требуемой мощности системы отопления бытовые теплопоступления; β_{mn} - коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери системы отопления, связанные с теплотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения; принимают 1,11 — для зданий башенного типа с неотапливаемым чердаком и техническим подпольем.

$$Q_{\text{от.тр.}}^p = \kappa Bm.$$

5. Определение расчетных расходов холодной и горячей воды и тепловой энергии на горячее водоснабжение жилой части здания

Расчет выполняют с учетом применения ресурсосберегающих мероприятий на расчетное количество жителей в здании, составляющее $n = 493$ чел.

Расчетный средний суточный расход горячей воды в отопительный период на одного жителя в жилом здании:

$$g_{\text{гв.ср.сут.от.п.ж}} = a_{\text{гв.табл.А.2}} \cdot 365 / [z_{\text{от.п}} + \alpha \cdot (351 - z_{\text{от.п}})], \quad (45)$$

где $a_{\text{гв.табл.А.2}} = 85$ л/чел·сут - расчетный суточный расход горячей воды в среднем за год на одного жителя для жилых зданий, определяется по таблице А.2 СП 30.13330.2016;

$z_{\text{от.п}} = \text{сут}$ - продолжительность отопительного периода, сут; α - коэффициент, учитывающий снижение уровня водоразбора, в жилых зданиях в летний период $\alpha = 0,9$.

$$g_{\text{гв.ср.сут.от.п.ж}} = 85 \cdot 365 / [223 + 0,9 \cdot (351 -)] = \text{л/чел·сут.}$$

Среднечасовой суточный расход горячей воды на здание в отопительный период $G_{\text{гв}}^{\text{ср.от.п}}$ (м³/ч):

$$G_{\text{гв}}^{\text{ср.от.п}} = g_{\text{гв.ср.сут.от.п.ж}} \cdot A_{\text{кв/п}} \cdot 10^{-3} / (24 \cdot A_{\text{чел}}), \quad (46)$$

где $A_{кв}$ – общая площадь квартир, м²;

$A_{чел} = 18 \text{ м}^2$ – норма общей площади квартир на одного жителя в жилом здании, м²/чел.

$$G_{гв}^{ср.от.н} = \cdot \cdot 10^{-3} / (24 \cdot 18) = \text{м}^3/\text{ч}.$$

Расчетный средний суточный расход холодной воды в отопительный период на одного жителя в жилом здании:

$$g_{хв.ср.сут.от.п.ж} = a_{хв.табл.А.2} \cdot 365 / [z_{от.н} + \alpha \cdot (351 - z_{от.н})] \quad (47)$$

где $a_{хв.табл.А.2} = \text{ - } = \text{ л/чел} \cdot \text{сут}$ - расчетный суточный расход холодной воды в среднем за год на одного жителя для жилых зданий, л/чел·сут;

$z_{от.н} = \text{сут}$ - продолжительность отопительного периода, сут;

α - коэффициент, учитывающий снижение уровня водоразбора, в жилых зданиях в летний период $\alpha = 0,9$.

$$g_{хв.ср.сут.от.п.ж} = \cdot 365 / [223 + 0,9 \cdot (351 - \cdot)] = \text{л/чел} \cdot \text{сут}.$$

Среднечасовой расход холодной воды на здание в отопительный период

$G_{хв}^{ср.от.н}$ (м³/ч):

$$G_{хв}^{ср.от.н} = g_{хв.ср.сут.от.п.ж} \cdot A_{кв/н} \cdot 10^{-3} / (24 \cdot A_{чел}) \quad (48)$$

где $A_{кв}$ – общая площадь квартир, м²;

$A_{чел} = 18$ норма общей площади квартир на одного жителя в жилом здании, м²/чел.

$$G_{хв}^{ср.от.н} = \cdot 10^{-3} \cdot / 24 \cdot 18 = \text{м}^3/\text{ч}.$$

Среднечасовой расход теплоты на горячее водоснабжение в отопительный период $Q_{гв}^{ср.от.н}$ (кВт):

$$Q_{гв}^{ср.от.н} = q_{гв} \cdot A_{кв} \cdot 10^{-3}, \quad (49)$$

где $A_{кв}$ – общая площадь квартир, м²;

$q_{\text{зв}}$ -удельный среднечасовой расход тепловой энергии для горячего водоснабжения в отопительный период, Вт/м²:

$$q_{\text{зв}} = [g_{\text{зв.ср.сут.от.п.}} \cdot (t_{\text{зв}} - t_{\text{хв}}) \cdot (1 + k_{\text{тр}}) \cdot \rho_{\text{вод}} \cdot c_{\text{вод}}] / (3,6 \cdot 24 \cdot A_{\text{чел}}), \quad (50)$$

где $g_{\text{зв.ср.сут.от.п.}}$ = л/чел·сут - расчетный средний суточный расход горячей воды в отопительный период на одного жителя, л/чел·сут;

$t_{\text{зв}}$ =65⁰С - температура горячей воды, ⁰С, в соответствии с Сан-ПиН 2.1.4.2496;
 $t_{\text{хв}}$ - температура холодной воды в отопительный период, ⁰С, принимают равной 5⁰С;

$k_{\text{тр}}$ - коэффициент, учитывающий потери теплоты трубопроводами систем горячего водоснабжения; для индивидуальных тепловых пунктов жилых зданий с централизованной системой горячего водоснабжения $k_{\text{тр}} = 0,2$; для индивидуальных тепловых пунктов общественных зданий и для жилых зданий с квартирными водонагревателями $k_{\text{тр}}=0,1$;

$\rho_{\text{вод}}$ -плотность воды, равная 1 кг/л;

$c_{\text{вод}}$ - удельная теплоемкость воды, равная 4,2 Дж/(кг· ⁰С); 18 - норма общей площади квартир на одного жителя в жилом здании, м²/чел.

$$q_{\text{зв}} = [\cdot (65 - 5) \cdot (1 + 0,2) \cdot 1 \cdot 4,2] / (3,6 \cdot 24 \cdot 18) = \text{Вт/м}^2$$

$$Q_{\text{зв}}^{\text{ср.от.п.}} = \cdot 10^{-3} = \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

Максимальный часовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение определяется по формуле:

$$Q_{\text{зв}}^{\text{макс}} = Q_{\text{зв}}^{\text{ср.от.п.}} \cdot (k_{\text{тр}} + k_{\text{час}}) / (1 + k_{\text{тр}}), \quad (51)$$

где $Q_{\text{зв}}^{\text{ср.от.п.}}$ - среднечасовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение здания в отопительный период, кВт·ч;

$k_{mp} = 0,2$ - коэффициент теплопотерь трубопроводами, определяется по табл. 2 СТО НОП 2.1-2014;

$k_{qac} = 5,15$ - коэффициент часовой неравномерности водопотребления, определяем по табл. 3 СТО НОП 2.1-2014.

$$Q_{26}^{max} = \cdot (0,2 + 5,15)/(1 + 0,2) = \text{кВт}\cdot\text{ч}$$

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение здания:

$$Q_{26}^{20d} = q_{26.i}^{20d} \cdot A_{kv}, \quad (52)$$

где A_{kv} - общая площадь квартир, м^2 ;

q_{26}^{20d} - удельный годовой расход тепловой энергии для горячего водоснабжения, отнесенный на м^2 общей площади квартир в жилом здании; для жилых зданий с централизованной системой горячего водоснабжения, индивидуальным тепловым пунктом и в зависимости от степени охвата квартир, в которых установлены водосчетчики и по их показаниям ведется расчет оплаты, $m_{уст.в.сч}/m_{kv.в.зд}$.

При оплате по квартирным водосчетчикам из опыта эксплуатации установлено, что удельное водопотребление сокращается в среднем на 40%, ожидаемое удельное годовое водопотребление на горячее водоснабжение для этих условий определяется:

$$q_{26}^{20d} = 0,02 \cdot q_{26} \cdot [(70,2 + z_{от.п})] + 0,74 \cdot (351 - z_{от.п}) \cdot (A_{чел} / A_{чел.i}) \cdot (1 - 0,4 \cdot m_{уст.в.сч} / m_{kv.в.зд}), \quad (53)$$

где $q_{26} = 16 \text{ Вт}/\text{м}^2$ - удельный среднечасовой в отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение;

$z_{от.п}$ - продолжительность отопительного периода, сут;

$m_{уст.в.сч}$ - количество квартир в здании, где установлены квартирные водосчетчики;

$m_{kv.в.зд}$ - суммарное количество квартир в здании.

$$q_{\text{зб}}^{\text{зод}} = 0,02 \cdot 16 \cdot [(70,2 + \quad) + 0,74 \cdot (351 - \quad)] \cdot \left(1 - 0,4 \cdot \frac{\quad}{\quad}\right) =$$

$$= \text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$$

$$Q_{\text{зб}}^{\text{зод}} = \quad \cdot \quad = \quad \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

6. Решения по инженерным системам и оборудованию для эффективного использования энергии

В здании проектом предусмотрены следующие инженерные системы: отопление, горячее водоснабжение, система канализации, вентиляции и электроснабжения.

Водоснабжение

При проектировании были приняты: хозяйственно-питьевая система холодного водоснабжения; закрытая система горячего водоснабжения с полотенцесушителями и циркуляционным трубопроводом.

Источником водоснабжения является наружная водопроводная сеть, подающая через ввод воду потребителям.

Магистраль прокладывается в подвале в теплоизоляционных цилиндрах на высоте удобной для монтажа. Магистраль холодного водопровода прокладывается ниже магистрали горячего водопровода, чтобы не было нагрева и конденсации на их поверхности. Для спуска воды при выполнении ремонтных работ магистральные трубопроводы прокладывают с уклоном 0,002 ~ 0,005 в сторону водомерного узла. Стойки прокладывают открыто в местах наибольшего расположения сан. приборов (в сан. узлах), строго вертикально с допустимым отклонением не более 2 мм. на 1 м. трубы.

Подводки прокладываются вдоль стен на высоте 150-100 мм. и с уклоном 0,002 ~ 0,005 в сторону сан. прибора.

Водоотведение

Проектом предусмотрены следующие системы внутренней канализации:

- бытовая канализация – для отведения сточных вод от санитарно-технических приборов жилой части;

- бытовая канализация – от санитарно-технических приборов встроенных учреждений вытяжная часть систем – общая;
- производственная канализация – для отведения сточных вод при промывке систем отопления;
- внутренние водостоки – для отведения дождевых и талых вод с кровли.

Внутренние сети бытовой канализации выполняются из труб **чугунных(пластиковых)** канализационных, внутренний водосток – **из стальных электросварных ГОСТ** в антикоррозийной изоляции.

В принятой системе внутренней канализации сточные воды из здания отводятся через проектируемые выпуски в колодец наружной канализационной сети самотеком.

Ливневая канализация прокладывается в межквартирных коридорах, из **стальных** труб. На стояках устанавливаются ревизии для прочистка трубопровода в случае засорения.

Для отвода дождевых и талых вод с кровли здания устанавливаются воронки, уклон кровли составляет 1,5% в сторону водосточной воронки.

Отопление

Проектом предусмотрено подключение к системе централизованного теплоснабжения. Система отопления закрытая, двухтрубная, тупиковая с нижней разводкой трубопроводов. При нижней разводке горячая вода из отопительного котла поступает в магистральную трубу горячей воды снизу, из подвального помещения, а затем распределяется по стоякам и радиаторам. Нагревательные приборы снабжены автоматическими терморегуляторами.

Теплоносителем для системы отопления служит горячая вода с параметрами 95/70°C.

Отопительные приборы принимаются на основании расчета теплотерь помещений и с учетом санитарно-гигиенических требований.

В качестве нагревательных приборов применены **стальные панельные радиаторы «Конрад РСВ 5»** с боковым подключением, со встроенным ручным воздухоотводчиком.

Выпуск воздуха из системы предусматривается в верхних точках системы отопления через ручные воздухоотводчики (кран Маевского), входящими в конструкцию отопительных приборов.

Магистральный разводящий трубопровод, а также стояки и подводы к отопительным приборам системы отопления выполняются из стальных водогазопроводных труб и стальных электросварных.

Все горизонтальные трубопроводы системы отопления проектируются с уклоном не менее 0,002~0,003 в направлении, обеспечивающим движение свободных газов к воздухоотводчикам и обеспечивающим нормальное опорожнение системы отопления.

Компенсация тепловых удлинений магистралей и стояков осуществляется за счет естественных поворотов и соединений трубопровода. Всё оборудование, принятое в проекте, сертифицировано.

Вентиляция

В жилом доме запроектирована вытяжная вентиляция с естественным побуждением при помощи унифицированных вентиляционных блоков через кухни и санузлы. Вентиляционные блоки выводятся на кровлю.

Силовое электрооборудование и электроосвещение.

Для распределения электроэнергии по потребителям первом этаже здания предусмотрена организация электрощитовой.

В электрощитовой устанавливается главный распределительный щит ГРЩ обеспечивающий электропитанием приемники жилых и общедомовых помещений.

Щит ГРЩ предусматриваются двухсекционными и разрабатывается применительно к панелям ЩО70.

Электроприемники I категории запитываются через устройство АВР (Устройство автоматического ввода резерва) от разных секций ГРЩ, подключенным к разным трансформаторам и разным секциям РТП.

Сечения проводников выбираются по условиям нагрева длительным расчетным током, соответственно току выбранного аппарата защиты.

Установленная мощность электроприемников проектируемых квартир составляет $P = 10$ кВт.

Учет электроэнергии предусматривается:

- для силовой электронагрузки жилой части
- для общедомовой нагрузки (освещение л/к, машинных помещений и шахт лифтов, подвала)
- на каждом квартирном щитке.

В здании имеются следующие виды освещения:

- рабочее во всех помещениях
- аварийное в помещении электрощитовой, в машинных отделениях лифтов, тепловом пункте, водомерном узле .
- эвакуационное на лестницах, коридорах, лифтовых холлах, входах в здание.

Проектом предусмотрена установка комплектных устройств электрооборудования, светильников, источников света и материалов, прошедших санитарно-эпидемиологическую экспертизу. Санитарно-эпидемиологическое заключение (гигиеническое заключение) представляется на стадии приемки объекта в эксплуатацию.

Сети к квартирным щиткам предусмотрены проводами ПВЗ в ПВХ трубах в полу и в штробах стен. Сети внутри квартир выполняются кабелем ВВГ в ПВХ трубах скрыто в строительных ограждениях.

Заключение

В курсовом проекте были произведены теплотехнические расчеты ограждающих конструкций здания, расчеты энергетических показателей здания и определены энергетические нагрузки. Составлен энергетический паспорт здания. Все расчеты были выполнены на основании действующих нормативных документов.

По результатам произведенных расчетов можно сказать, что конструкции наружных ограждений здания **удовлетворяют** требованиям действующих нормативных документов.

Согласно произведённым расчетам, проектируемое жилое здание относится к классу по энергоэффективности **В+ (высокий)**. В разработке мероприятий по повышению энергоэффективности здания нет необходимости.

Список использованных источников(дополнить)

1. СП 131.13330.2018. Строительная климатология. М. 2018. – 115 с.
2. СТО НОП 2.1.-2014. Требования к содержанию и расчету показателей энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания. М. 2014. – 200 с.
3. ТСН 23-356-2004. Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. М. 2004. – 77 с.
4. СП 50.13330.2016. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2001. М. 2016 – 40 с.
5. Методическое пособие "Расчеты тепловой защиты зданий". М. 2017. – 94 с.
6. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий. М. 2016. – 94 с.
7. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. М. 2016. – 104 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А.

Энергетический паспорт здания

1. Общая информация

Дата заполнения (число, месяц, год)	2023г.
Адрес здания	г.
Разработчик проекта	
Адрес и телефон разработчика	ФГАОУ ВО "СПбПУ", ИСИ
Шифр проекта	18316203
Назначение здания, серия	Жилое, по индивидуальному проекту
Этажность, количество секций	- этажей, ?секционное
Количество квартир	_-квартир
Расчетное количество жителей (служащих)	жителей из расчета 18 м ² общей площади квартиры на человека
Размещение в застройке	Внутри жилой застройки
Конструктивное решение	

2. Условия расчетные климатические

№ п/п	Расчетные параметры	Обозначение	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты и отопления	$t_{вн}$	°C	
2	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты, отопления и вентиляции	$t_{н,р}$	°C	
3	Средняя температура наружного воздуха в отопительный период	$t_{н,от.п}$	°C	
4	Продолжительность отопительного периода	$Z_{от.п}$	сут	
5	Градусо-сутки отопительного периода	$ГСОП$	°C·сут	
6	Наружная температура воздуха начала/окончания отопительного периода	$t_{н}^I$	°C	
7	Расчетная скорость ветра в отопительный период	v	м/сек	
8	Расчетная температура воздуха на чердаке	$t_{черд}$	°C	
9	Расчетная температура воздуха в техническом подполье	$t_{под}$	°C	2

3. Показатели геометрические

№ п. п.	Показатель	Обозначение и единица измерения	Норми- руемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
10	Площадь квартир	$A_{кв}, м^2$	—	?	
11	Полезная площадь (общественного здания)	$A_{пол}, м^2$	—	—	
12	Площадь жилых помещений	$A_{жс}, м^2$	—	?	
13	Отапливаемый объем здания	$V_{от}, м^3$	—	?	
14	Показатель компактности здания	$k_{комп}, м^{-1}$	не более 0,32	?	
15	Коэффициент остекленности фасада здания	f	не более 0,18	?	
16	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	$A_{огр.сум}, м^2$	-	?	
	— фасадов;	$A_{фас}$	-	?	
	— стен (раздельно по типу конструкции);	$A_{ст}$	-	?	
	— окон и балконных дверей квартир;	$A_{ок.1}$	-	?	
	— глухой части балконных дверей;	$A_{ок.2}$	-		
	— окон нежилого этажа;	$A_{ок.3}$	-	-	
	— окон ЛЛУ;	$A_{ок.ЛЛУ}$	-	?	
	— балконных дверей наружных переходов ЛЛУ;	$A_{б.дв.ЛЛУ}$	-	-	
	— входных дверей витражных;	$A_{вх.дв.1}$	-	-	
	— входных дверей утепленных;	$A_{вх.дв.2}$	-	?	
	— покрытий;	$A_{покp}$	-	-	
	— чердачных перекрытий;	$A_{черд}$	-	?	
	— перекрытий цокольных (над техническими подпольями);	$A_{цок}$	-	?	
	— перекрытий над проездами или под эркерами;	$A_{эрк}$	-	-	
	— стен в земле и пол по грунту (раздельно).	$A_{гр.}$	-	-	

4. Показатели теплотехнические

№ п.п	Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
17	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе:	$R_0^{пр}$, м ² · °С/Вт			
	– стен (раздельно по типу конструкции);	$R_{ст}^{пр}$?		?
	– окон и балконных дверей;	$R_{ок.1}^{пр}$?		?
	– глухой части балконных дверей;	$R_{б.дв.гл}^{пр}$?		?
	– витражей;	$R_{ок.2}^{пр}$			
	– окон ЛЛУ;	$R_{ок.ЛЛУ}^{пр}$?		?
	– балконных дверей наружных переходов ЛЛУ;	$R_{б.дв.ЛЛУ}^{пр}$			
	– входных дверей витражных;	$R_{вх.дв.1}^{пр}$			
	– входных дверей утепленных;	$R_{вх.дв.2}^{пр}$			
	– покрытий;	$R_{покр.}^{пр}$?		
	– чердачных перекрытий;	$R_{черд}^{экв}$?		
	– перекрытий цокольных (над техническими подпольями);	$R_{цок}^{экв}$?		
	– перекрытий над проездами или под эркерами;	$R_{эрк}^{пр}$?		
	– стен в земле и пол по грунту (раздельно).	$R_{гр}^{пр}$			

5. Показатели вспомогательные

№ п.п.	Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение
18	Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_{тр}^{пр}$, Вт/(м ² ·°С)	?	
19	Условный инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания	$K_{инф}^{усл}$, Вт/(м ² ·°С)	?	
20	Кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_в$, ч ⁻¹	?	

6. Удельные характеристики

№ п. п.	Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение
21	Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}$, Вт/(м ³ ·°С)	?	?
22	Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}$, Вт/(м ³ ·°С)	?	?
23	Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{быт}$, Вт/(м ³ ·°С)	?	?
24	Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}$, Вт/(м ³ ·°С)	?	?

7. Теплоэнергетические показатели в отопительный период

№ п/п	Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
25	Теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период (ОП)	$Q_{огр}^{год}$, кВт·ч		?	
26	Теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации за ОП	$Q_{инф/вент}^{год}$, кВт·ч		?	
27	Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за ОП	$Q_{тп}^{год}$, кВт·ч		?	
28	Удельные бытовые (внутренние) тепловыделения в здании (квартирах)	$q_{быт}$, Вт/м ²		?	
29	Бытовые технологические тепловыделения в здании за ОП	$Q_{быт}^{год}$, кВт·ч		?	
30	Теплопоступления в здание от солнечной радиации за ОП	$Q_{инс}^{год}$, кВт·ч		?	
31	Расход тепловой энергии здания на отопление и вентиляцию за ОП	$Q_{от+вент}^{год}$, кВт·ч		?	

8. Коэффициенты

№ п. п.	Показатель	Обозначение	Нормативное значение	Фактическое значение
32	Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	ζ	0,5-1,0	0,5
33	Коэффициент, учитывающий снижение теплотребления для отопления за счет оснащения и квартир индивидуальными приборами учета тепловой энергии	ξ	0,1-0,15	0,15
34	Коэффициент учета встречного теплового потока в окнах	$k_{ок}$	0,7-1,0	0,8
35	Коэффициент затенения окон и витражей непрозрачными элементам	τ_l		0,65
36	Коэффициент относительного пропускания солнечной радиации окон	τ_2		0,62
37	Коэффициент, учитывающий снижение использования теплоступлений в период превышения их над теплотерями	ν		0,801
38	Коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери системы отопления	β_{mn}	1,05-1,13	1,11

9. Нагрузки энергетические и ресурсные

№ п. п.	Параметры	Обозначения	Единица измерения	Величина
39	Мощность систем инженерного оборудования: -требуемая для отопления и вентиляции (естественная) -требуемая для горячего водоснабжения	$Q_{от.}^{p.тр}$	кВт	
		$Q_{гв}^{макс}$	кВт	
40	Среднечасовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение в отопительный период	$Q_{гв}^{cp}$	кВт	
41	Средний суточный расход: -холодной воды	$G_{хв}^{сум}$	м³/ч	?
	-горячей воды	$G_{гв}^{сум}$	м³/ч	?
42	Удельная объемная тепловая характеристика здания	q_m	Вт/(м³·°С)	?

10. Годовые и удельные расходы энергии и ресурсов

№ п. п.	Параметры	Обозначения	Единица измерения	Величина
43	Годовые расходы энергии и ресурсов на здание: - тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого дома с учетом авторегулирования - тепловой энергии на горячее водоснабжение	$Q_{от+вент}^{год}$	кВт·ч	?
		$Q_{гв}^{год}$	кВт·ч	?
44	Удельные годовые расходы энергии и ресурсов: - тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого здания	$q_{от+вент}^{год}$	кВт·ч/м²	?

11. Показатели и классы энергетической эффективности, соответствие нормативным требованиям

№ п. п.	Показатель	Обозначение и единица измерения	Значение показателя до улучшения тепловой оболочки здания	Значение показателя после улучшения тепловой оболочки здания
45	Удельный показатель тепловой энергетической эффективности проекта здания	$q_{от+вент}^{год}$, кВт·ч/м ²	?	?
46	Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период	$q_{от}^p$?	?
47	Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период	$q_{от}^{np}$?	?
48	Класс энергосбережения		D	B
49	Соответствует ли проект здания нормативному требованию теплозащите		да	