

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

КУРСОВАЯ РАБОТА

Энергетический паспорт здания
по дисциплине «Энергоресурсосбережение в городском хозяйстве»

Выполнил
студент гр. 3140801/21702

<подпись>

Р.В. Забаровский

Руководитель
д.т.н., проф.

<подпись>

В.И. Масликов

«___» _____ 2023 г.

Санкт-Петербург

2023

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

**Задание на выполнение курсового проекта по дисциплине
«Энергоресурсосбережение в городском хозяйстве» на тему «Энергетический паспорт здания»**

студенту группы 3140801/21702

Забаровскому Роману Вадимовичу

(фамилия, имя, отчество)

I. Исходные данные к работе:

1. Место строительства: №80.
2. Тип здания: многоквартирный жилой дом.
3. Размещение в застройке: отдельно стоящее здание.
4. Количество этажей: 7.
5. Количество подъездов: 3.
6. Тип и количество квартир на этаж. Вариант № 10. Общая площадь квартир: однокомнатных 32–40 м², двухкомнатных 45–55 м², трехкомнатных 60–70 м².
7. Ориентация меридиональная.
8. Высота потолков: 2,6 м.
9. Наружные несущие стены: Вариант № 2.
10. Крыша плоская с холодным чердаком и внутренним водостоком.
11. Перекрытия: Вариант № 2.
12. Подвал холодный.
13. Вентиляция естественная.
14. Ограждающие конструкции: окна - деревянные с 2-м остеклением; двери - деревянные.
15. Остальные характеристики на выбор студента по согласованию с преподавателем.

II. Срок сдачи студентом КР: до начала сессии осеннего семестра 2022 г.

III. Задание:

1. Разработать типовой этаж здания.
2. Разработать Энергетический паспорт здания в соответствии с СТО НОП 2.1-2014 Энергетический паспорт (Приложение Ж)., включающий чертежи фасадов, типового этажа и разреза здания согласно ГОСТ. Бумажную версию чертежей распечатывать на формате А3.
3. Создать презентацию по КР в формате Microsoft PowerPoint 2007-2021.
4. Защитить КР.

IV. Структура КР:

1. Титульный лист.
2. Задание.
3. Оглавление.
4. Пояснительная записка.
 - Исходные данные для расчета теплоэнергетических параметров здания.
 - Теплотехнические расчеты ограждающих конструкций.
 - Расчеты энергетических показателей здания.
 - Заключение с предложениями по реконструкции здания в целях его соответствия современным требованиям по классу энергоэффективности эксплуатируемого здания.
5. Энергетический паспорт жилого здания.
6. Чертежи.

V. Вид представления КР: КР представляется к защите в электронном виде. Электронная версия работы должна включать в себя:

1. Исходные файлы чертежей/BIM-модели.
2. Текстовую часть пояснительной записки в формате Microsoft Word 2007–2021.
3. Папку с чертежами в формате Portable Document Format (PDF).
4. Презентацию в формате Microsoft PowerPoint 2007–2021.

VI. Требования к оформлению и защите КР:

1. Защита КР проводится с использованием презентации в формате Microsoft PowerPoint 2007–2021 в виде собеседования или устного доклада в группе с ответами на вопросы (до 10 минут).
2. На защиту КР должен быть представлен в электронной форме.
3. Оформление работы должно соответствовать требованиям ГОСТ и требованиям, предъявляемым СПбПУ к КР. Требования СПбПУ размещены по адресу: https://dep.spbstu.ru/for_students/.

VII. КР выполняется студентом самостоятельно под руководством преподавателя. При защите КР контролируется самостоятельность её выполнения. В случае обнаружения преподавателем факта несамостоятельности выполнения результаты КР аннулируются с последующей выдачей нового варианта задания.

VIII. Дата получения задания: «02» марта 2023 г.

Руководитель

В.И. Масликов
(инициалы, фамилия)

Задание принял к исполнению

Р.В. Забаровский
(инициалы, фамилия)

Содержание

1. Объемно-планировочное и конструктивное решения здания	5
2. Теплотехнические расчеты ограждающих конструкций здания	6
2.1. Теплотехнический расчет наружной стены	6
2.2. Теплотехнический расчет чердачного перекрытия	8
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
2.6. Расчет воздухообмена в здании	16
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	24
4 Энергетические нагрузки здания	29
5 Определение расчетных расходов холодной и горячей воды и тепловой энергии на горячее водоснабжение жилой части здания	31
6 Решения по инженерным система и оборудованию для эффективного использования энергии	35
Заключение	39
Список использованных источников	40
ПРИЛОЖЕНИЯ	41

1. Объемно-планировочное и конструктивное решения здания

Эксплуатируемое здание представляет собой 7-этажный 3-х секционный жилой дом с холодным подвалом, где расположены инженерные коммуникации и неотапливаемым чердаком.

На всех этажах располагаются жилые помещения. В здании предусмотрено 17-квартир, из них: 84 – однокомнатные, 21- двухкомнатные и 42 - трехкомнатные квартиры. Высота потолков составляет 2,6- м. Общая высота здания от пола первого этажа до верха вентиляционной шахты составляет $H = 23,5$ м, геометрическая высота до верхнего санитарно-технического прибора составляет $H_{\text{геом}} = 18,4$ м.

Конструктивная схема секции бескаркасная (несущие продольные стены, выполненные из кирпича.) Несущие поперечные стены, выполненные из кирпича. Кровля – плоская с холодным чердаком неэксплуатируемая, с внутренним водостоком.

Объемно-планировочные показатели:

строительный объем здания – 44214 м^3 , в том числе отапливаемая часть – 33165 м^3 ;

общая площадь квартир – 8841 м^2 ;

из них площадь жилых помещений – 4494 м^2 ;

количество жителей – 491 чел. (из расчета 1 чел. на 18 м^2 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

Наружные стены рассматриваемого жилого здания состоят из следующих слоев:

- гипсовая штукатурка с коэффициентом теплопроводности $\lambda_B = 0,3 \text{ Вт(м} \cdot \text{°C)}$ толщиной $\delta = 15 \text{ мм}$;
- кирпичная кладка $\lambda_B = 0,52 \text{ Вт(м} \cdot \text{°C)}$ толщиной $\delta = 640 \text{ мм}$;
 - цементно-песчаный раствор с коэффициентом теплопроводности $\lambda_B = 0,6 \text{ Вт(м} \cdot \text{°C)}$ толщиной $\delta = 10 \text{ мм}$;
- плитка облицовочная $\lambda_B = 1,05 \text{ Вт(м} \cdot \text{°C)}$ толщиной $\delta = 10 \text{ мм}$.

Требуемое сопротивление теплопередаче $R_{\theta}^{\text{тр}}$ исходя из нормативных требований к приведенному сопротивлению теплопередаче определяется формуле:

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

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, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$ определяются по формуле:

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

где $t_{\text{в}} = 22^{\circ}\text{C}$ – расчетная средняя температура внутреннего воздуха в здании;
 $t_{\text{от.}} = -2,5^{\circ}\text{C}$ – средняя температура наружного воздуха, принимаемая по СП 131.13330.2018 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°C для жилых зданий;

$z_{\text{от.}} = 190 \text{ сут}$ – продолжительность отопительного периода, принимаемая по СП 131.13330.2018 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°C для жилых зданий.

Тогда

$$\text{ГСОП} = (22 - (-2,5)) \cdot 190 = 4655^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$$

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

$$R_{\text{ст}}^{\text{тр}} = 0,00035 \cdot 4655 + 1,4 = 3,03 \text{ м}^2\text{C}/\text{Вт}$$

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

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

где $r = 0,69$ – коэффициент теплотехнической однородности конструкции, учитывающий наличие мостиков холода (определяют в соответствии п.8.17 СП 23-101-2004);

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

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

Приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены здания, составит:

$$R_{\text{ст}}^{\text{пр}} = 0,69 \cdot (1/23 + 1/8,7 + 0,015/0,3 + 0,01/1,05 + 0,64/0,52 + 0,01/0,6) = 1,009 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

При этом должно выполняться следующее условие:

$$R_{\text{ст}}^{\text{тр}} < R_{\text{ст}}^{\text{пр}}$$

По расчету $3,03 (\text{м}^2\text{C})/\text{Вт} < 1,009 (\text{м}^2\text{C})/\text{Вт}$

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

Определим требуемое сопротивление теплопередаче по санитарно-гигиеническим требованиям:

$$R_{\text{стг}}^{\text{тр}} = \frac{n(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}})}{\Delta t^{\text{н}} * a_{\text{в}}}$$

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

$t_{\text{вн}} = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$ – расчетная температура внутреннего воздуха;

$t_n = -24\text{ }^{\circ}\text{C}$ – расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки;

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

α_v – то же, что в формуле 3.

По расчету

$$R_{\text{стр}}^{\text{тр}} = \frac{1 * (22 + 24)}{4 * 8,7} = 1,32 \text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

$$R_{\text{стр}}^{\text{тр}} = 1,32 \text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт} < R_{\text{ст}}^{\text{пр}} = 1,009 \text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт} < R_{\text{ст}}^{\text{тр}} = 3,03 \text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

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:

- Выравнивающая стяжка (ЦПС) с коэффициентом теплопроводности $\lambda_b = 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$ толщиной $\delta = 30 \text{ мм}$;
- Утеплитель – жесткие минераловатные плиты с коэффициентом теплопроводности $\lambda_b = 0,085 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$ толщиной $\delta = 150 \text{ мм}$;
- Пароизоляция – полиэтиленовая пленка толщиной $\delta = 2 \text{ мм}$ и коэффициентом теплопроводности $\lambda_b = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;
- ж/б плита толщиной $\delta = 120 \text{ мм}$ и коэффициентом теплопроводности $\lambda_b = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

Определим требуемое сопротивление теплопередачи с учетом коэффициентов при расчете покрытий и перекрытий – $a = 0,00045$, $b = 1,9$);₈

$$R_{\text{тр черд}} = 0,00045 * 4655 + 1,9 = 3,99 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

С учетом коэффициента теплотехнической однородности для чердачных железобетонных перекрытий $r = 0,8$, приведенное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия составит:

$$R_{\text{черд}}^{\text{пр}} = 0,8 * \left(\frac{0,03}{1,2} + \frac{0,15}{0,085} + \frac{0,002}{0,4} + \frac{0,12}{1,92} + \frac{1}{12} + \frac{1}{8,7} \right) = 1,64$$

По расчету $3,99 \text{ (м}^2\text{°C)/Вт} < 1,64 \text{ (м}^2\text{°C)/Вт}$

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

Определим требуемое сопротивление теплопередаче по санитарно-гигиеническим требованиям:

$$R_{\text{стг}}^{\text{тр}} = \frac{n(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}})}{\Delta t^{\text{н}} * a_{\text{в}}}$$

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

$$R_{\text{стг}}^{\text{тр}} = \frac{0,9 * (22 + 24)}{3 * 8,7} = 1,58 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

$$R_{\text{стг}}^{\text{тр}} = 1,32 \text{ м}^2\text{°C/Вт} < R_{\text{ст}}^{\text{пр}} = 1,58 \text{ м}^2\text{°C/Вт} < R_{\text{черд}}^{\text{тр}} = 3,99 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

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 $t_{\text{под}} = 2 \text{ °C}$) состоит из следующих слоев:

- Паркет (дуб) с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{б}} = 0,2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ толщиной $\delta = 30 \text{ мм}$;
- ДВП с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{б}} = 0,23 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$, толщиной $\delta = 5 \text{ мм}$;

- Выравнивающая стяжка (ЦПС) с коэффициентом теплопроводности $\lambda_b = 1,2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ толщиной $\delta = 20 \text{ мм}$;
- пароизоляция – полиэтиленовая пленка толщиной $\delta = 2 \text{ мм}$ и коэффициентом теплопроводности $\lambda_b = 0,4 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$;
- Утеплитель – жесткие минераловатные плиты с коэффициентом теплопроводности $\lambda_b = 0,05 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ толщиной $\delta = 130 \text{ мм}$;
- ж/б плита толщиной $\delta = 160 \text{ мм}$ и коэффициентом теплопроводности $\lambda_b = 1,92 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$;

$$R_{\text{под}}^{\text{пр}} = 0,85 * \left(\frac{0,03}{0,2} + \frac{0,05}{0,23} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{0,13}{0,05} + \frac{0,002}{0,4} + \frac{0,16}{1,92} + \frac{1}{17} + \frac{1}{8,7} \right) = 2,75$$

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

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

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

$$R_{\text{стг}}^{\text{тр}} = \frac{n(22 - 2)}{2 * 8,7}$$

$$n = \frac{2 + 24}{22 + 24} = 0,56$$

где $t_{\text{в}} = 22^\circ\text{C}$ — расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты;

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

$t_{\text{ом}} = -24^\circ\text{C}$ – средняя температура наружного воздуха в отопительный период.

Тогда, приведенное сопротивление теплопередаче перекрытия надподвалом составит:

$$R_{\text{под}}^{\text{тр}} = (0,00045 * 4655 + 1,9) * 0,56 = 2,23 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

$$R_{\text{ст}}^{\text{пр}} = 2,75 \text{ м}^2\text{°C/Вт} > R_{\text{ст}}^{\text{тр}} = 2,23 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

Данное условие выполняется. Следовательно, конструкция рассматриваемого ограждения удовлетворяет требованиям СП.

Определим требуемое сопротивление теплопередаче по санитарно-гигиеническим требованиям:

$$R_{\text{стг}}^{\text{тр}} = \frac{n(22 - 2)}{2 * 8,7}$$

$$R_{\text{стг}}^{\text{тр}} = \frac{1 * (22 - 2)}{2 * 8,7} = 1,15 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

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

$$R_{\text{стг}}^{\text{пр}} = 1,15 \text{ м}^2\text{°C/Вт} < R_{\text{ст}}^{\text{пр}} = 2,75 \text{ м}^2\text{°C/Вт} < R_{\text{ст}}^{\text{тр}} = 2,23 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

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 $R_{\text{ок}}^{\phi} = 0,44 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (согласно приложению 6 СНиП II-3-79). Определим требуемое сопротивление теплопередачи жилых помещений расчете окон и балконных дверей по формуле:

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

Тогда требуемое сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей будет равно:

$$R_{\text{ок}}^{\text{тр}} = (0,15 + 4655 * 0,000075) = 0,499 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

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

Фактическое сопротивление теплопередачи наружных деревянных утепленных дверей $R^{\phi} = 1,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

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

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

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

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

$\Delta t_{\text{н}}$ – нормируемый перепад между температурами воздуха в помещении и внутренней поверхности наружного ограждения, принимаемый по нормам проектирования жилых зданий для расчёта наружных стен 4 °С;

$$R_{\text{стр}}^{\text{тр}} = \frac{1 \cdot (22 + 24)}{4 \cdot 8,7} = 1,32 \text{ м}$$

$$R_{\text{тр}} = 1,32 \cdot 0,6 = 0,792 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} - \text{что удовлетворяет требованиям СП. ДВ}$$

2.5. Расчет приведенного трансмиссионного коэффициента теплопередачи

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

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

где $V_{\text{от}} = 33165 \text{ м}^3$ – отапливаемый объем здания;

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

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

где $t_{\theta} = 20^{\circ}\text{C}$ — расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты;

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

-наружных стен: $A_{\text{ст}} = 3820,08 \text{ м}^2$; $R_{\text{ст}}^{\text{пр}} = 1,009 \text{ м}^2 \cdot \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$;

-окон: $A_{\text{ок}} = 910,9 \text{ м}^2$; $R_{\text{ок}}^{\text{пр}} = 0,44 \text{ м}^2 \cdot \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$;

-наружных дверей: $A_{\text{дв}} = 5,85 \text{ м}^2$; $R_{\text{дв}}^{\text{пр}} = 0,65 \text{ м}^2 \cdot \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$;

-чердачных перекрытий: $A_{\text{черд}} = 1802,1 \text{ м}^2$; $R_{\text{черд}}^{\text{пр}} = 1,64 \text{ м}^2 \cdot \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$;

-перекрытий над подвалом: $A_{\text{цок}} = 1802,1 \text{ м}^2$; $R_{\text{цок}}^{\text{пр}} = 2,75 \text{ м}^2 \cdot \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$;

Удельная теплозащитная характеристика здания:

$$k_{об} = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}).$$

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

Таблица 1

Наименование фрагмента	n	A, м ²	$R^{\text{пр}},$ м ² ·°C/Вт	$\frac{A}{n_{t,i} R^{\text{пр}}}$	%
Наружные стены	1	3820,08	1,009	3786	49,69
Окна, балконные двери, окна ЛЛЮ	1	910,9	0,44	2070,2	27,17
Наружные двери	1	5,85	0,65	9	0,118
Чердачное перекрытие	0,9	1802,1	1,64	1098,8	14,4
Перекрытие над тех. подпольем	1	1802,1	2,75	655,3	8,6
Сумма	-	8323,05	-	7619,3	100

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется по формуле:

$$K_{об}^{\text{тр}} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 * \text{ГСОП} + 0,61}$$

$$K_{об}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{33165}}}{0,00013 * 4655 + 0,61} = 0,17$$

Как видно из полученных значений, $k_{об} = 0,19 \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C} > K_{об}^{тр} = 0,17 \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$ удельная теплозащитная характеристика здания больше. Поэтому необходимо доработать оболочку здания.

Приведенный трансмиссионный коэффициент, рассчитывается по формуле:

$$K_{тр}^{пр} = \frac{k_{об}}{k_{комп}} = \frac{0,19}{0,25} = 0,76$$

где $k_{об} = 0,21 \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$ - удельная теплозащитная характеристика здания;

$k_{комп} = 0,25 м^{-1}$ - показатель компактности здания.

В рассматриваемом здании применены недостаточно теплые стены (наибольший вклад в теплопотери здания вносят именно наружные стены – более 49,69%), и окна (27,17%), 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 100 кг/м^3 , с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,05 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ \text{C)}$ (из таблицы Д.1 СП 23-101-2004) и толщиной 150 мм (Выбраны более жесткие плиты, чтобы они под собственным весом не продавили ниже лежащий утеплитель и не оставили пустых мест, толщина выбрана подбором). Добавим данные значения в формулу (3) для определения скорректированного приведенного сопротивления теплопередаче стен.

$$R_{стг}^{тр} = 1,32 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C/Вт} < R_{ст}^{пр} = 4,17 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C/Вт} < R_{ст}^{тр} = 3,03 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C/Вт}$$

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

2) окон

Деревянные окна с 2-м остеклением заменим на два однокамерных стеклопакета в отдельных ПВХ переплетах (повинилхлоридные) с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_{(ок.ПВХ)}^{пр} = 0,74 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C/Вт}$

3) чердачного перекрытия

Используем метод утепления перекрытия. Возьмем теплоизоляционный материал плотностью 100 кг/м³, с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,05$ Вт/(м·°C) (из таблицы Д.1 СП 23-101-2004) и толщиной 150 мм (к уже имеющемуся утеплителю толщиной 150 мм). Добавим данные значения в формулу для определения скорректированного приведенного сопротивления теплопередаче перекрытия.

$$R_{\text{стг}}^{\text{тр}} = 1,58 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} < R_{\text{ст}}^{\text{пр}} = 5,35 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} < R_{\text{ст}}^{\text{тр}} = 3,99 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

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

Заменяем значения сопротивления теплопередаче наружных стен, чердачного перекрытия и окон на 4,17 м²·°C/Вт, 5,64 м²·°C/Вт и 0,71 м²·°C/Вт, соответственно, и рассчитываем (по формуле 9) новое значение удельной теплозащитной характеристики здания (таблица 2):

$$k_{\text{об}} = 0,095 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°C}}$$

Таблица 2

Наименование фрагмента	n	A, м ²	$R^{\text{пр}}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	$\frac{A}{n_{t,i} R^{\text{пр}}}$	%
Наружные стены	1	3820,08	4,17	916,0863	28,6
Окна, балконные двери, окна ЛЛУ	1	910,9	0,71	1282,958	40
Наружные двери	1	5,85	0,65	9	0,2
Чердачное перекрытие	0,9	1802,1	5,35	336,8411	10,5
Перекрытие над тех. подпольем	1	1802,1	2,75	655,3091	20,4
Сумма	-	8323,05	-	3200,194	100

Приведенный трансмиссионный коэффициент, рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{тр}}^{\text{пр}} = \frac{k_{\text{об}}}{k_{\text{комп}}} = \frac{0,095}{0,25} = 0,38$$

где $k_{\text{об}} = 0,095 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^\circ\text{С}$ - удельная теплозащитная характеристика здания;

$k_{\text{комп}} = 0,25 \text{ м}^{-1}$ - 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 - 18 м^2

В качестве нормативного воздухообмена жилых помещений принимаем $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 человека, но не менее 0,35 обмена в час объема квартиры. Соответственно требуемый воздухообмен жилых помещений $L_{\text{тр}1} = 30 * 491 = 14730 \text{ м}^3/\text{ч}$

2. По жилой площади.

Жилая площадь здания равна- 4494 м^2 Принимаем необходимый объем воздуха 3 м^3 на 1 м^2 .

$$L_{\text{тр}2} = 3 * 4494 = 13482 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для проведения дальнейших расчетов, используем большее из полученных по формулам значений, $14730 \text{ м}^3/\text{ч}$.

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

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

- для входных дверей в здание и окон первого нежилого этажа

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

где $H = 21,5$ – высота здания от отметки нижнего входа в здание до выбросной решетки на фасаде здания, м;

$V = 3,1$ м/с – скорость ветра, м/с;

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

$$\gamma_n = 3463 / (273 - 2,5);$$

$$\gamma_e = 3463 / (273 + 22),$$

где t_n, t_e – температуры наружного и внутреннего воздуха. Для внутреннего воздуха:

- в расчетных условиях при расчетной температуре внутреннего воздуха

$$\gamma_n = 13,9 \text{ Н/м}^3; \quad (19)$$

- при средней температуре отопительного периода

$$\gamma_n = 12,8 \text{ Н/м}^3 \quad (20)$$

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

$$\gamma_e = 11,9 \text{ Н/м}^3 \quad (21)$$

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

$$\Delta p_{\text{ЛЛУ}}^p = 16,05 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{ДВ}}^p = 27,56 \text{ Па}$$

При средней температуре отопительного периода:

$$\Delta p_{\text{ЛЛУ}}^{\text{ср}} = 9,11 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{ДВ}}^{\text{ср}} = 14,3 \text{ Па}$$

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:

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

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:

$$G_{инф} = 84,27 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Для вестибюлей и лестничных клеток при средней температуре отопительного периода:

$$G_{инф}^{ср} = 56,25 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

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

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

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

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

$$\rho_v = 353 / (273 + 22) = 1,205 \text{ кг/м}^3, \quad (24)$$

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:

$$K_{инф.}^{усл.р} = 0,28(14730 * 1,205 + 84,27 * 0,8) * \frac{1,006}{8341,0} = 0,6, \text{ Вт}/(\text{м}^2 * ^\circ\text{C})$$

При средней температуре отопительного периода:

$$K_{инф.}^{усл.от.п} = 0,28(14730 * 1,205 + 56,25 * 0,8) * \frac{1,006}{8341,0} = 0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * ^\circ\text{C})$$

3 Расчеты энергетических показателей здания

3.1. Расчет годового потребления теплоты на отопление и вентиляцию

Теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период:

$$Q_{огр}^{год} = 24 * 10^{-3} * K_{тр}^{пр} * ГСОП * A_{огр.сум}$$

$K_{тр}^{пр}=0,38$ - приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°C);

ГСОП = 4655 °C·сут;

$A_{огр.сум}=8341$ сумма площадей всех наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания, м².

$$Q_{огр}^{год} = 24 * 10^{-3} * 0,38 * 4655 * 8341 = 354\,106 \text{ кВт} * \text{ч}$$

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

$$Q_{инф.вент}^{год} = 24 * 10^{-3} * K_{инф.}^{усл} * ГСОП * A_{огр.сум} = \text{кВт} * \text{ч}$$

где $K_{усл.инф.ж}=0,6$ -условный коэффициент теплопередачи здания в расчетных условиях, Вт/(м²·°C);

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

$$Q_{инф.вент}^{год} = 24 * 10^{-3} * 0,6 * 4655 * 8341 = 559\,114 \text{ кВт} * \text{ч}$$

Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный

период:

$$Q_{\text{тп.}}^{\text{год}} = Q_{\text{огр.}}^{\text{год}} + Q_{\text{инф/вент}}^{\text{год}} = 354\,106 + 559\,114 = 913\,220 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

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

$$Q_{\text{тп.}}^{\text{год}} = q_{\text{быт}} * t * z_{\text{от.п}} * A_{\text{ж}} * 10^{-3},$$

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

$z_{\text{от.п.}} = 190$ сут – продолжительность отопительного периода, сут, м^2 ;

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

$A_{\text{ж}} = 4494 \text{ м}^2$ площадь жилых комнат квартир, м^2 .

$$Q_{\text{быт.}}^{\text{год}} = 17 * 24 * 190 * \frac{4494}{1000} = 348\,375 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

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

$$Q_{\text{инс}}^{\text{год}} = \tau_{1\text{ок}} \tau_{2\text{ок}} (A_{\text{ок1}} I_{\text{ок1}} + A_{\text{ок2}} I_{\text{ок2}} + A_{\text{ок3}} I_{\text{ок3}} + A_{\text{ок4}} I_{\text{ок4}}),$$

где $\tau_{1\text{ок}} = 0,65$ — коэффициент затенения непрозрачными элементами окон; $\tau_{2\text{ок}} = 0,62$ – коэффициенты относительного пропускания солнечной радиации окон; $A_{\text{ок.1}}, A_{\text{ок.2}}$ – площади световых проемов фасадов здания, м^2 ; $A_{\text{г}} = \text{м}^2$, $A_{\text{з}} = 374 \text{ м}^2$; I_1, I_2 — средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по разным фасадам здания, $\text{кВт} \cdot \text{ч/м}^2$. Поскольку расположение жилого дома меридиальное, то его помещения окнами ориентированы на запад и на восток. Значение солнечной радиации определяем по СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» для города Воронеж $3 = 379,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2$; на В = $379,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2$.)

$$Q_{\text{инс}}^{\text{год}} = 0,65 * 0,62 * (515,7 * 379,3 + 395,2 * 379,3) = 139\,238 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

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

$$Q_{\text{от+вент}}^{\text{год.расч}} = \left(Q_{\text{огр.}}^{\text{год}} + Q_{\text{инф/вент}}^{\text{год}} - (Q_{\text{быт.}}^{\text{год}} + Q_{\text{инс}}^{\text{год}}) * v * \zeta \right) * (1 - \zeta) * \beta_{\text{тп}} = \text{кВт} \cdot \text{ч/год}$$

- расход тепловой энергии для компенсации трансмиссионных теплопотерь через наружные ограждения за отопительный период, кВт·ч;

$Q_{инф/вент}^{год}$ - расход тепловой энергии на нагрев наружного воздуха, поступающего

за счет инфильтрации и вентиляции за отопительный период, кВт·ч;

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

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

$$\nu = 0,8 + \frac{0,9 - 0,8}{9000 - 5000} (8341 - 5000) = 0,88$$

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.

$$Q_{от+вент}^{год.расч} = (354\,106 + 559\,114 - (348\,375 + 139\,238) * 0,61 * 0,15) * (1 - 0,15) * 1,11 = 819\,556 \text{ кВт} * \text{ч/год}$$

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

$$q_{от+вент}^{год.расч} = \frac{Q_{от+вент}}{A_{кв}}$$

где $Q_{от+вент} = 819\,556$ — расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания при непрерывном и постоянном режиме отопления, кВт·ч;

$A_{кв} = 8841$ —общая площадь квартир, м².

$$q_{\text{от+вент}}^{\text{год.}} = \frac{819556}{8841} = 92,70 - \text{кВт} * \text{ч/м}^2$$

3.3. Определение класса энергетической эффективности жилого здания

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

$$k_{вент} = 0,28cn_{\epsilon}\beta_v\rho_{\epsilon}^{вент}(1 - k_{эф}) = \text{Вт}/(\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C}), (33)$$

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;

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

$$\rho_{\epsilon}^{вент} = 353 / (273 + t_{ом}) = 353 / (273 - 2,5) = 1,305 \text{ кг/м}^3, \quad (32)$$

где $t_{ом} = -2,5$ °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:

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

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

$$n_{e1} = L_{вент}/\beta_v V_{от}, \quad (34)$$

$$n_{e2} = (G_{инфЛЛУ} \cdot n_{инф})/(168 \cdot \rho_g^{вент})/(\beta_v \cdot V_{от}), \quad (35)$$

где $L_{вент} = 14730$ – расход наружного приточного воздуха для вентиляции, м³/ч;

$V_{от} = 33165$ – отапливаемый объем здания, м³;

$G_{инфЛЛУ} = 84,27$ – количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в лестничную клетку жилого здания, кг/ч;

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

$$n_{e1} = 14730/(33165 \cdot 0,85) = 0,52 \text{ ч}^{-1};$$

$$n_{e2} = (84,27 \cdot 168)/(168 \cdot 1,305)/(0,85 \cdot 33165) = 0,002 \text{ ч}^{-1};$$

$$n_e = 0,52 + 0,002 = 0,522 \text{ ч}^{-1}.$$

$$k_{вент} = 0,28 \cdot n_e \cdot \beta_v \cdot \rho_g^{вент} (1 - k_{эф}) = 0,28 \cdot 1 \cdot 0,522 \cdot 0,85 \cdot 1,305 \cdot 1 = 0,16 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}),$$

Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания определяется по формуле:

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

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

$A_{ж} = 4494$ – жилая площадь квартир, м²;

$V_{от} = 33165$ – отапливаемый объем здания, м³;

$t_{в} = 22^\circ\text{C}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, $^\circ\text{C}$;

$t_{от} = -2,5^\circ\text{C}$ – средняя температура наружного воздуха в отопительный период, $^\circ\text{C}$.

$$k_{быт} = \frac{17 \cdot 4494}{33165(22 + 2,5)} = 0,094 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}),$$

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

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

Где $Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = 3,6 * 139\,238 =$ - теплопоступления через окна от солнечной радиации в течении отопительного периода, МДж/год;

$V_{\text{от}}=33165$ – отапливаемый объем здания, м³;

ГСОП =4655 °С·сут – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут.

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 * 139238 * 3,6}{33165 * 4655} = 0,037 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}),$$

Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{\text{от}}^p$, Вт/(м³·°С) определяем по формуле:

$$q_{\text{от}}^p = (k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - (k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}}) * \gamma_z)(1 - z)b_h$$

$k_{\text{об}}=0,095$ удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³·°С);

$k_{\text{вент}}=0,16$ Вт/(м³·°С) – удельная вентиляционная характеристика здания,

$k_{\text{быт}}=0,094$ Вт/(м³·°С) – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м³·°С);

$$k_{\text{рад}}$$

$=0,037 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ - 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: $\gamma = 0,7 * 0,00002(\text{ГСОП} - 1000) = 0,7 * 0,00002(4655 - 1000) = 0,05$

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

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.

$$q_{от}^p = (0,095 + 0,16 - (0,094 + 0,037) * 0,05 * 0,1)(1 - 0,1) * 1,11 = 0,254$$

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

$$q^{mp} = 0,336 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}).$$

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

$$q_{om}^p = -24 \% \quad (40)$$

при величине отклонения равной -24% класс энергосбережения жилого здания

С (повышенный). В разработке мероприятий для повышения энергетической эффективности здания нет необходимости.

4 Энергетические нагрузки здания

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

$$Q_{огр}^p = K_{тр}^{пр} * A_{огр.сум} * (t_v - t_n^p) * B_{доб} * 10^{-3} = \text{кВт}$$

Где $K_{тр}^{пр} = 0,38$ - приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°C)

$A_{огр.сум} = 8341$ - сумма площадей всех наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания, м²;

t_v и $t_n^p = 22$ °C и -24 °C – расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты и расчетная температура наружного воздуха для расчета теплозащиты в холодный период года;

$B_{доб}$ – коэффициент, учитывающий добавочные теплотери, 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.

$$Q_{огр}^p = 0,38 * 8341 * (22 + 24) * 1,13 * 10^{-3} = 164,75 \text{ кВт}$$

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

$$Q_{инф/вент.ж}^p = K_{тр}^{пр} * A_{огр} * (t_v - t_n^p) * B_{доб} * 10^{-3} =$$

$K_{инфж}^{усл} = 0,6$ Вт/(м²·°C) – условный коэффициент теплопередачи здания в расчетных условиях, Вт/(м²·°C);

$A_{огр.сум} = 8341$ – сумма площадей всех наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания, м²;

t_v и $t_n^p = 22$ °C и -24°C – расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты, °C и расчетная температура наружного воздуха для расчета теплозащиты в холодный период года, °C.

$$Q_{инф/вент.ж}^p = 0,6 * 8341 * (22 + 24) * 1,13 * 10^{-3} = 260,14 \text{ кВт}$$

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

$$Q_{\text{быт}}^p = q_{\text{быт}} * A_{\text{ж}} * 10^{-3}$$

где $A_{\text{ж}} = 4494$ - жилая площадь квартир, м²;

$q_{\text{быт}}$ - величина бытовых тепловыделений на 1 м² площади жилых помещений. Для жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м² общей площади на человека $q_{\text{быт}} = 17$ Вт/м².

$$Q_{\text{быт}}^p = 17 * 4494 * 10^{-3} = 76,4 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность системы отопления:

$$Q_{\text{от.тр}}^p = (Q_{\text{огр}}^p + Q_{\text{инф/вент}}^p - Q_{\text{быт}}^p) * B_{\text{тп}} =$$

$Q_{\text{огр}}^p = 164,75$ - расчетный расход теплоты на компенсацию трансмиссионных теплопотерь через наружные стены ограждения оболочки здания (кВт);

теплопотерь через наружные стены ограждения оболочки здания (кВт);

$Q_{\text{инф/вент}}^p = 260,14$ - расчетный расход теплоты на нагрев наружного воздуха, поступающего за счет инфильтрации и вентиляции (кВт);

$Q_{\text{быт}}^p = 76,4$ — бытовые теплопоступления в квартирах либо в рабочих помещениях общественных зданий (кВт). При определении требуемой мощности системы отопления бытовые теплопоступления;

$\beta_{\text{тп}}$ - коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери системы отопления, связанные с теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения; принимают 1,11 — для зданий башенного типа с неотапливаемым чердаком и техническим подпольем.

$$Q_{\text{от.тр}}^p = (164,75 + 260,14 - 76,4) * 1,11 = 386,8 \text{ кВт}$$

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:

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

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

$z_{от.п} = 190$ сут - продолжительность отопительного периода, сут;

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

$$g_{гв.ср.сут.от.п.ж} = 85 \cdot 365 / [190 + 0,9 \cdot (351 - 190)] = 91,64 \quad \text{л/чел·сут.}$$

Среднечасовой суточный расход горячей воды на здание в отопительный период $G_{гв.ср.от.п.} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \right)$

$$G_{гв.ср.от.п.} = g_{гв.ср.сут.от.п.ж} \cdot A_{кв} \cdot \frac{10^{-3}}{24 \cdot A_{чел}},$$

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

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

$$G_{гв.ср.от.п.} = 91,64 \cdot 8841 \cdot \frac{10^{-3}}{24 \cdot 18} = 1,88$$

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

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

где $a_{хв.табл.А.2} = 200$ - л/чел·сут - расчетный суточный расход холодной воды в

среднем за год на одного жителя для жилых зданий, л/чел·сут;

$z_{от.п.} = 190$ сут - продолжительность отопительного периода, сут;

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

$$g_{хв.ср.сут.от.п.ж} = 200 \cdot 365 / [190 + 0,9 \cdot (351 - 190)] = 217,98 \text{ л/чел} \cdot \text{сут.}$$

Среднечасовой расход холодной воды на здание в отопительный период

$$G_{гв.}^{ср.от.п.} = g_{гв.ср.сут.от.п.} \cdot A_{кв} \cdot \frac{10^{-3}}{24 \cdot A_{чел}},$$

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

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

$$G_{гв.}^{ср.от.п.} = 217,98 \cdot 8841 \cdot \frac{10^{-3}}{24 \cdot 18} = 4,46$$

Среднечасовой расход теплоты на горячее водоснабжение в отопительный период $Q_{гв.}^{ср.от.п.}$

$$Q_{гв.}^{ср.от.п.} = q_{гв} \cdot A_{кв} \cdot 10^{-3}$$

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

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

где $g_{гв.ср.сут.от.п.} = 91,64 \text{ л/чел} \cdot \text{сут}$ - расчетный средний суточный расход горячей воды в отопительный период на одного жителя, л/чел·сут;

$t_{гв.} = 65^\circ\text{C}$ - температура горячей воды, $^\circ\text{C}$, в соответствии с Сан-ПиН 2.1.4.2496; $t_{хв.}$ - температура холодной воды в отопительный период, $^\circ\text{C}$, принимают равной 5°C ;

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

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

$c_{вод}$ - удельная теплоемкость воды, равная $4,2 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$; 18 - норма общей площади квартир на одного жителя в жилом здании, $\text{м}^2/\text{чел.}$

$$q_{гв.} = [91,64 \cdot (65 - 5) \cdot (1 + 0,2) \cdot 1 \cdot 4,2] / (3,6 \cdot 24 \cdot 18) = 17,8 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{гв.}^{\text{ср.от.п.}} = 17,8 \cdot 8841 \cdot 10^{-3} = 157,37 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

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

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

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

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

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

$$Q_{гв.}^{\text{макс}} = 157,37 \cdot \frac{0,2 + 5,15}{1 + 0,2} = 701,61 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение здания

$$Q_{гв.}^{\text{год}} = q_{гв.}^{\text{год}} \cdot A_{кв}$$

q_{28}^{200} - удельный годовой расход тепловой энергии для горячего водоснабжения, отнесенный на м² 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, $m_{уст.в.сч}/m_{кв.в.зд}$.

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:

$$q_{ГВ}^{год} = 0,02 * q_{ГВ} * ((70,2 + z_{от.п}) + 0,74 * 351 - z_{от.п}) * \left(\frac{A_{чел}}{A_{чел.i}} \right) * \left(1 - 0,4 * \frac{m_{уст.в.сч}}{m_{кв.в.зд}} \right)$$

где $q_{28} = 16$ Вт/м² – удельный среднечасовой в отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение;

$z_{от.п} = 190$ - продолжительность отопительного периода, сут;

$m_{уст.в.сч} = 70$ – количество квартир в здании, где установлены квартирные водосчетчики;

$m_{кв.в.зд} = 105$ - суммарное количество квартир в здании

$$q_{ГВ}^{год} = 0,02 * 16 * ((70,2 + 190)) + 0,74 * (351 - 190) * \left(\frac{18}{491} \right) * \left(1 - 0,4 * \frac{70}{147} \right) = 86,8 \text{ кВт} * \text{ч/м}^2$$

$$Q_{ГВ}^{год} = q_{ГВ}^{год} * A_{кв} = 86,8 * 8841 = 767\,399 \text{ кВт} * \text{ч}$$

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 магистраль горячего водопровода, чтобы не было нагрева и конденсации на их поверхности. Для спуска воды при выполнении ремонтных работ магистральные трубопроводы прокладывают с уклоном $0,002 \sim 0,005$ в сторону водомерного узла. Стояки 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 $0,002 \sim 0,005$ 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 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 теплопотерь 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 подводки 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 С (повышенный). В разработке мероприятий по повышению энергоэффективности здания нет необходимости.

Список использованных источников

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)	2023 г.
Адрес здания	г. Воронеж
Разработчик проекта	
Адрес и телефон разработчика	ФГАОУ ВО "СПбПУ", ИСИ
Шифр проекта	
Назначение здания, серия	Жилое, по индивидуальному проекту
Этажность, количество секций	- 7 этажей, 3-хсекционное
Количество квартир	147-квартир
Расчетное количество жителей (служащих)	жителей из расчета 18 м ² общей площади квартиры на человека
Размещение в застройке	Внутри жилой застройки
Конструктивное решение	Бескаркасное

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	22
2	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты, отопления и вентиляции	$t_{н.р}$	°C	-24
3	Средняя температура наружного воздуха в отопительный период	$t_{н.от.п}$	°C	-2,5
4	Продолжительность отопительного периода	$Z_{от.п}$	сут	190
5	Градусо-сутки отопительного периода	$ГСОП$	°C·сут	4655

6	Наружная температура воздуха начала/ окончания отопительного периода	$t_{\text{н}}$	°C	+8
7	Расчетная скорость ветра в отопительный период	v	м/сек	1,9
8	Расчетная температура воздуха на чердаке	$t_{\text{черд}}$	°C	-24
9	Расчетная температура воздуха в техническом подполье	$t_{\text{под}}$	°C	2

3. Показатели геометрические

№ п. п.	Показатель	Обозначение и единица измерения	Норми- руемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
10	Площадь квартир	$A_{\text{кв}}, \text{м}^2$	—		8841
11	Полезная площадь (общественного здания)	$A_{\text{пол}}, \text{м}^2$	—	—	
12	Площадь жилых помещений	$A_{\text{жс}}, \text{м}^2$	—		4494
13	Отапливаемый объем здания	$V_{\text{от}}, \text{м}^3$	—		33165
14	Показатель компактности здания	$k_{\text{комп}}, \text{м}^{-1}$	не более 0,32		0,25
15	Коэффициент остекленности фасада здания	f	не более 0,18		0,18
16	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	$A_{\text{огр.сум}}, \text{м}^2$	-		8323,05
	— фасадов;	$A_{\text{фас}}$	-		4730,98
	— стен (раздельно по типу конструкции);	$A_{\text{ст}}$	-		3820,08
	— окон и балконных дверей квартир;	$A_{\text{ок.1}}$	-		910,9

– глухой части балконных дверей;	$A_{ок.2}$	-		
– окон нежилого этажа;	$A_{ок.3}$	-	-	
– окон ЛЛУ;	$A_{ок.ЛЛУ}$	-		20,09
– входных дверей витражных;	$A_{вх.дв.1}$	-	-	
– входных дверей утепленных;	$A_{вх.дв.2}$	-		5,85
– покрытий;	$A_{покр}$	-	-	
– чердачных перекрытий;	$A_{черд}$	-		1802,1
– перекрытий цокольных (над техническими подпольями);	$A_{цок}$	-		1802,1
– перекрытий над проездами или подэркерами;	$A_{эрк}$	-	-	
– 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:	$R_{м^2 \cdot ^\circ C / Вт}^{пр 0}$	0,14		0,95
	– стен (раздельно по типу конструкции);	$R^{пр ст}$	4,0		4,17
	– окон и балконных дверей;	$R_{ок.1}^{пр}$	0,71		0,71
	– глухой части балконных дверей;	$R_{б.дв.гл}^{пр}$			
	– витражей;	$R_{ок.2}^{пр}$			
	– окон ЛЛУ;	$R_{ок.ЛЛУ}^{пр}$	0,71		0,71
	– балконных дверей наружных переходов ЛЛУ;	$R_{б.дв.ЛЛУ}^{пр}$			
	– входных дверей витражных;	$R_{вх.дв.1}^{пр}$			
	– входных дверей утепленных;	$R_{вх.дв.2}^{пр}$	0,91		0,65
	– покрытий;	$R_{покр.}^{пр}$			

– чердачных перекрытий;	$R_{\text{черд}}^{\text{экв}}$	5,25		5,35
– перекрытий цокольных (над техническими подпольями);	$R_{\text{эквцок}}$	1,99		2,75
– перекрытий над проездами или под эркерами;	$R_{\text{эрк}}^{\text{пр}}$			
– стен в земле и пол по грунту (раздельно).	$R^{\text{пргр}}$			

5. Показатели вспомогательные

п.	Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение
18	Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_{\text{тр}}^{\text{пр}}$, Вт/(м ² ·°С)	0,42	0,095
19	Условный инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания	$K_{\text{инф}}^{\text{усл}}$, Вт/(м ² ·°С)	0,74	
20	Кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_{\text{в}}$, ч ⁻¹	0,98	

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 ·°C)	0,102	0,095
22	Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}$, Вт/(м ³ ·°C)	0,16	0,16
23	Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{быт}$, Вт/(м ³ ·°C)	0,07	0,094
24	Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}$, Вт/(м ³ ·°C)	0,022	0,037

7. Теплоэнергетические показатели в отопительный период

№ п/п	Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируе мое значение	Расчетное проектное значение	Фактиче ское значение
25	Теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период (ОП)	$Q_{огр}^{год}$, кВт·ч		3541006	
26	Теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации за ОП	$Q_{инф/вент}^{год}$, кВт·ч		559114	
27	Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за ОП	$Q_{тп}^{год}$, кВт·ч		913220	
28	Удельные бытовые (внутренние) тепловыделения в здании (квартирах)	$q_{быт}$, Вт/м ²		17	

29	Бытовые технологические тепловыделения в здании за ОП	$Q_{\text{быт}}^{\text{год}}$, кВт·ч		348375	
30	Теплопоступления в здание от солнечной радиации за ОП	$Q_{\text{инс}}^{\text{год}}$, кВт·ч		139238	
31	Расход тепловой энергии здания на отопление и вентиляцию за ОП	$Q_{\text{от+вент}}^{\text{год}}$, кВт·ч		819556	

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 теплопотребления для отопления за счет оснащения и квартир индивидуальными приборами учета тепловой энергии	ζ	0,1-0,15	0,15
34	Коэффициент учета встречного теплового потока в окнах	$k_{\text{ок}}$	0,7-1,0	0,8
35	Коэффициент затенения окон и витражей непрозрачными элементами	τ_1		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.	Параметры	Обозначения	Единица измерения	Величина
39	Мощность систем инженерного оборудования: -требуемая для отопления и вентиляции (естественная) -требуемая для горячего водоснабжения	$Q_{от.}^{р.тр}$ $Q_{гв}^{макс}$	кВт кВт	386,8 701,61
40	Среднечасовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение в отопительный период	$Q_{гв}^{ср}$	кВт	17,8
41	Средний суточный расход: -холодной воды -горячей воды	$G_{хв}^{сут}$ $G_{гв}^{сут}$	м ³ /ч м ³ /ч	217,98 91,64
42	Удельная объемная тепловая характеристика здания	q_m	Вт/(м ³ ·°С)	0,254

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	$Q_{от+вент}^{год}$	кВт·ч	819556
	- тепловой энергии на горячее водоснабжение	$Q_{гв}^{год}$	кВт·ч	767399
44	Удельные годовые расходы энергии и ресурсов:			
	- тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого здания	$q_{от+вент}^{год}$	кВт·ч/м ²	92,70

11. Показатели и классы энергетической эффективности, соответствие нормативным требованиям

№ п. п.	Показатель	Обозначение единица измерения	Значение показателя до улучшения тепловой оболочки здания	Значение показателя после улучшения тепловой оболочки здания
45	Удельный показатель тепловой энергетической эффективности проекта здания	$q_{m+vent}^{год}$ кВт·ч/м ²		92,70
46	Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период	q_m^p		0,254
47	Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период	q_m^{np}		0,336
48	Класс энергосбережения			С
49	Соответствует ли проект здания нормативному требованию теплозащите			Да