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 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Р.В. Забаровский

<*подпись*>

Руководитель

д.т.н., проф. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.И. Масликов

<*подпись*>

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 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)

1. **Исходные данные к работе:**
   1. Место строительства: №80.
   2. Тип здания: многоэтажный 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.

* 1. Ориентация меридиональная.
  2. Высота потолков: 2,6 м.
  3. Наружные несущие стены: Вариант № 2.
  4. Крыша плоская с холодным чердаком и внутренним водостоком.
  5. Перекрытия: Вариант № 2.
  6. Подвал холодный.
  7. Вентиляция естественная.
  8. Ограждающие конструкции: окна - деревянные с 2-м остеклением; двери - деревянные.
  9. Остальные характеристики на выбор студента по согласованию с преподавателем.

1. **Срок сдачи студентом КР:** до начала сессии осеннего семестра 2022 г.
2. **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 A3.
   3. Создать презентацию по КР в формате Microsoft PowerPoint 2007-2021.
   4. Защитить КР.
3. **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 требованиями по классу энергоэффективности эксплуатируемого здания.
   5. Энергетический паспорт жилого здания.
   6. Чертежи.
4. **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.
5. **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/.
6. **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.**
7. **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 4](#_bookmark0)
  2. [Теплотехнические расчеты ограждающих конструкций здания…](#_bookmark1) 5
  3. [Теплотехнический расчет наружной стены 5](#_bookmark2)
  4. [Теплотехнический расчет чердачного перекрытия 7](#_bookmark3)
  5. [Теплотехнический расчет перекрытия над подвалом 9](#_bookmark4)
  6. [Определение сопротивления теплопередаче окон и балконных дверей 11](#_bookmark5)
  7. [Расчет приведенного трансмиссионного коэффициента теплопередачи. 12](#_bookmark6) 3. [Расчеты энергетических показателей здания 19](#_bookmark7)
  8. [Расчет годового потребления теплоты на отопление и вентиляцию 19](#_bookmark8)
  9. [Расчетный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и](#_bookmark9) [вентиляцию здания в отопительный период 22](#_bookmark9)
  10. [Определение класса энергетической эффективности жилого здания 23](#_bookmark10)

1. [Энергетические нагрузки здания 26](#_bookmark11)
2. [Определение расчетных расходов холодной и горячей воды и тепловой](#_bookmark12) [энергии на горячее водоснабжение жилой части здания 28](#_bookmark12)
3. [Решения по инженерным система и оборудованию для эффективного](#_bookmark13) [использования энергии 29](#_bookmark13)

[Заключение 35](#_bookmark14)

[Список литературы 35](#_bookmark15)

[Приложения 37](#_bookmark16)

Чертежи……………………………………………………………………………

# 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 147 -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 Н = 23,5 м, геометрическая высота до верхнего санитарно-технического прибора составляет Нгеом= 18,4 м.

Конструктивная схема секции с неполным каркасом (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 м3, в том числе отапливаемая часть –33165 м3;

общая площадь квартир – 8841 м2;

из них площадь жилых помещений – 4494 м2;

количество жителей – 491 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).

# Теплотехнические расчеты ограждающих конструкций здания

# Теплотехнический расчет наружной стены

Наружные стены рассматриваемого жилого здания состоят из следующих слоев:

* гипсовая штукатурка с коэффициентом теплопроводности 𝜆Б = 0,3 Вт(м ∙ °С)

толщиной 𝛿 = 15 мм;

* кирпичная кладка 𝜆Б = 0,52 Вт(м ∙ °С) толщиной 𝛿 = 640 мм;
* цементно-песчаный раствор с коэффициентом теплопроводности

𝜆Б = 0,6 Вт(м ∙ °С толщиной 𝛿 = 10 мм;

* плитка облицовочная 𝜆Б = 1,05 Вт(м ∙ °С) толщиной 𝛿 = 10 мм.

Требуемое сопротивления теплопередаче *R*тр исходя из нормативных требований к приведенному сопротивлению теплопередаче определяется формуле:

*0*

𝑅тр = 𝑎 ∙ ГСОП + 𝑏, (1)

0

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

Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, 0С·сут определяются по формуле:

ГСОП = (𝑡в − 𝑡от.пер.) ∙ 𝑧от.., (2)

где tв=22°C – расчетная средняя температура внутреннего воздуха в здании;

*tот*= -2,5 °С *–* средняя температура наружного воздуха, принимаемая по СП131.13330.2018 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8 °С для жилых зданий;

zот= 190 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

ГСОП = (22 −(−2,5)) ∙ 190= 4655 °С · сут

Определяем значение требуемого сопротивления теплопередачи

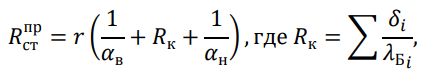
𝑅тр (м2·°С/Вт):

ст

𝑅тр =0,00035 · 4655 + 1,4 = 3,03 м2°С/Вт

ст

Приведенное сопротивление теплопередаче *R*пр (м2°С/Вт) определяется по формуле:



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

*α*в – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м2°С), принимаемый по 50.13330.2018 *α*в = 8,7 Вт/(м2°С);

*α*н – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, ограждающей конструкций для условий холодного периода, равный *α*н = 23 Вт/(м2°С).

Приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены здания, составит:

𝑅пр=0,69\*(1/23+1/8,7+0,015/0,3+0,01/1,05+0,64/0,52+0,01/0,6) = 1,009

ст

м2 ∙ ℃/Вт

При этом должно выполняться следующее условие:

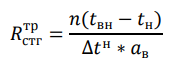
C:\Users\Какарик\Downloads\2023-05-24_16-32-34.png

По расчету 3,03 (м2°С)/Вт<1,009 (м2°С)/Вт

Условие не выполняется. Данный вариант конструкции наружных стен не

удовлетворяет требованиям СП.

Определим требуемое сопротивление теплопередаче по санитарно- гигиеническим требованиям:



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

𝑡вн = 22 ᵒC − расчетная температура внутреннего воздуха;

𝑡н = − 24 ᵒC − расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки;

𝛥𝑡н − нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимается равным для наружных стен Δtн = 4 ᵒC;

𝛼в − то же, что в формуле 3.

По расчету

𝑅тр = 1,32 м2℃/Вт < 𝑅пр = 1,009 м2℃/Вт < 𝑅тр = 3,03 м2℃/Вт

стг ст ст

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.

# Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

Чердачное перекрытие рассматриваемого жилого здания состоит из следующих слоев:

* + Выравнивающая стяжка (ЦПС) с коэффициентом теплопроводности 𝜆Б = 1,2

Вт/(м ∙ °С) толщиной 𝛿 =30 мм;

* + Утеплитель – жесткие минераловатные плиты с коэффициентом теплопроводности 𝜆Б = 0,085 Вт/(м ∙ °С) толщиной 𝛿 = 150 мм;
  + Пароизоляция – полиэтиленовая пленка толщиной 𝛿 = 2 мм и коэффициентом теплопроводности 𝜆Б = 0,4 Вт/(м ∙ °С);
  + ж/б плита толщиной 𝛿 = 120 мм и коэффициентом теплопроводности 𝜆Б = 1,92 Вт/(м ∙ °С);

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

𝑅тр =0,00045 \* 4655 + 1,9 = 3,99 м2°С/Вт

черд

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

По расчету 3,99 (м2°С)/Вт<1,64 (м2°С)/Вт

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

Определим требуемое сопротивление теплопередаче по санитарно- гигиеническим требованиям:



𝛥𝑡н − нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимается равным для потолка Δtн = 3 ᵒC

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.

# Теплотехнический расчет перекрытия над подвалом

Перекрытие здания над холодным подвалом (расчетная температура воздуха 𝑡под = 2 ℃) состоит из следующих слоев:

* Паркет (дуб) с коэффициентом теплопроводности 𝜆Б = 0,2 Вт/(м ∙ °С)

толщиной 𝛿 = 30 мм;

* ДВП с коэффициентом теплопроводности 𝜆Б = 0,23 Вт/(м ∙ °С), толщиной 𝛿 = 5 мм;
* Выравнивающая стяжка (ЦПС) с коэффициентом теплопроводности 𝜆Б = 1,2 Вт/(м ∙ °С) толщиной 𝛿 =20 мм;
* пароизоляция – полиэтиленовая пленка толщиной 𝛿 = 2 мм и коэффициентом теплопроводности 𝜆Б = 0,4 Вт/(м ∙ °С);
* Утеплитель – жесткие минераловатные плиты с коэффициентом теплопроводности 𝜆Б = 0,05 Вт/(м ∙ °С) толщиной 𝛿 = 130 мм;
* ж/б плита толщиной 𝛿 = 160 мм и коэффициентом теплопроводности 𝜆Б = 1,92 Вт/(м ∙ °С);

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

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

где *tв* = 22°С *—* расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты;

*tпод =2*°С *-* расчетная температура воздуха в техническом подполье;

*tот* = -24 °С – средняя температура наружного воздуха в отопительный период.

Тогда, приведенное сопротивление теплопередаче перекрытия над подвалом составит:

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

Определим требуемое сопротивление теплопередаче по санитарно- гигиеническим требованиям:

𝛥𝑡н − нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимается равным для пола Δtн = 2 ᵒC

𝑅пр = 1,15 м2℃/Вт < 𝑅пр = 2,75 м2℃/Вт < 𝑅тр = 2,23 м2℃/Вт

стг ст ст

Заданная конструкция перекрытия соответствует санитарно- гигиеническим требованиям.

Нет необходимости проработки перекрытия над подвалом.

# Определение сопротивления теплопередаче окон и балконных дверей

В рассматриваемом здании в качестве оконного заполнения используется двойное остекление в раздельных переплетах с фактическим сопротивлением теплопередаче окон 𝑅ф = 0,44м2 ∙ ℃/Вт (согласно приложению 6 СНиП II-3-79. Определим требуемое сопротивление теплопередачи жилых помещений расчете окон и балконных дверей по формуле:

ок

𝑅тр = (0,15 + ГСОП ∗ 0,000075) (7)

ок

Тогда требуемое сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей будет равно:

𝑅тр = (0,15 + 4655 ∗ 0,000075) = 0,499 м2 ∙ ℃/Вт.

ок

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 𝑅ф =1,06 м2 ∙ ℃/Вт.

Нормируемое сопротивление теплопередаче наружных дверей должно

быть не менее 0,6 ∙ 𝑅тр , где

стг

где *tв* , *tн* , *αв* – то же, что в формуле 6;

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

*∆tн* – нормируемый перепад между температурами воздуха в помещении и внутренней поверхности наружного ограждения, принимаемый по нормам проектирования жилых зданий для расчёта наружных стен 4 ºC;

𝑅тр = 1,32 ∗ 0,6 = 0,792 м2 ∙ ℃/Вт – что удовлетворяет требованиям СП.

дв

# Расчет приведенного трансмиссионного коэффициента теплопередачи

Удельная теплозащитная характеристика здания kоб, Вт/(м3\*℃) определяется по формуле:

где *Vот*= 33165 м3 – отапливаемый объем здания;

*nt.i —* коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, уменьшающий разность температуры для наружных ограждающих конструкций здания, не сообщающихся с наружным воздухом:

* для наружных стен, покрытий и перекрытий, сообщающихся с наружным воздухом, *nt.i* = 1;
* для чердачных перекрытий холодных чердаков и перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, *nt.i* = 0,9;
* для перекрытия над техническим техподпольем: 1

где *tв* = 20°С *—* расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты;

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

-наружных стен:

-окон:

-наружных дверей:

-чердачных перекрытий:

-перекрытий над подвалом:

Удельная теплозащитная характеристика здания:

𝑘*об* =0,21 Вт/(м3·°С).

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

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование фрагмента | n | *А*, м2 | *Rпр*, м2·°С/Вт | 𝐴  𝑛𝑡,𝑖 𝑅пр | % |
| Наружные стены | 1 | 3820,08 | 1,009 | 3786 | 49,69 |
| Окна, балконные двери, окна ЛЛУ | 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:

Как видно из полученных значений, удельная теплозащитная характеристика здания больше. Поэтому необходимо доработать оболочку здания.

Приведенный трансмиссионный коэффициент, рассчитывается по формуле:

где *kоб* =0,21 Вт/м3∙ОС- удельная теплозащитная характеристика здания;

*kкомп* = 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/м3, с коэффициентом теплопроводности λ= 0,05 Вт/(м∙оС) (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.

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

* + - 1. *окон*

Деревянные окна с 2-м остеклением заменим на два однокамерных стеклопакета в раздельных ПВХ переплетах (повинилхлоридные) с приведенным сопротивлением теплопередаче R\_(ок.ПВХ)^пр=0,74 м2℃/Вт

* + 1. *чердачного перекрытия*

Используем метод утепления перекрытия. Возьмем теплоизоляционный материал плотностью 100 кг/м3, с коэффициентом теплопроводности λ= 0,05 Вт/(м∙оС) (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.

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·°С/Вт, 5,35 м2·°С/Вт и 0,71 м2·°С/Вт, соответственно, и рассчитываем (по формуле 9) новое значение удельной теплозащитной характеристики здания (таблица 2):

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование фрагмента | n | *А*, м2 | *Rпр*, м2·°С/Вт | 𝐴  𝑛𝑡,𝑖 𝑅пр | % |
| 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:

где kоб = 0,095 Вт/м3∙ОС- удельная теплозащитная характеристика здания;

*kкомп* = 0,25 м-1 - показатель компактности здания.

# Расчет воздухообмена в здании

Расчет требуемого воздухообмена дома:

1. По числу жителей.

Определяем общую площадь дома, приходящуюся на 1 человека - 18 м2

В качестве нормативного воздухообмена жилых помещений принимаем 30 м 3/ч на 1 человека, но не менее 0,35 обмена в час объема квартиры. Соответственно требуемый воздухообмен жилых помещений 𝐿тр1=30∗491=14730 м3/ч

1. По жилой площади.

Жилая площадь здания равна- 4494 м2 Принимаем необходимый объем воздуха 3м3 на 1 м2.

𝐿тр2=3∗ 4494=13482 м3/ч

Для проведения дальнейших расчетов, используем большее из полученных по формулам значений, 14730 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 *p* (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

*p*  0,28*H* (*н* *в* )  0,03 *н* 2 , (15)

* для входных дверей в здание и окон первого нежилого этажа

*p*  0,55*H* (*н*  *в* )  0,03 *н* 2, (16) где *H* =21,5 – высота здания от отметки нижнего входа в здание до выбросной

решетки на фасаде здания, м;

 = 3,1 м/с – скорость ветра, м/с;

 , - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м3, определяемый по формулам:

*н в*

*н*  3463 / (273 );

*в*  3463 / (273  *22*),

где *tн, tв* - температуры наружного и внутреннего воздуха. Для внутреннего воздуха:

в расчетных условиях при расчетной температуре внутреннего воздуха

*γн*= 13,9 Н/м³; (19)

* при средней температуре отопительного периода

*γн* = 12,8 Н/м³ (20)

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

*γв* = 11,9 Н/м³ (21)

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

△ рр = 16,05 Па

ЛЛУ

△ рр = 27,56 Па

дв

При средней температуре отопительного периода:

△ рср = 9,11 Па

ЛЛУ

△ рср = 14,3 Па

дв

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

Расход инфильтрующегося воздуха *Gинф* (кг/ч) через воздухопроницаемый элемент здания:

△ РЛЛУ 2

△ Рдв 2

𝐴ок.ЛЛУ(

10 )3

𝐴дв(

10 )3

𝐺инф =

+

0,6

0,14

где *Аок.ЛЛУ, Адв*- площади соответственно окон ЛЛУ, входных наружных дверей;

*p* - 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:

кг

𝐺инф = 180,8 ч

Для вестибюлей и лестничных клеток при средней температуре отопительного периода:

𝐺ср = 159 кг

инф ч

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

𝐾усл.р = 0,28(𝐿

инф.

вент

∗ рв

+ 𝐺инф

∗ 𝑘ок

) ∗ 𝑐𝑎

𝐴огр.сум

, Вт/(м2 ∗ °С)

где *Lвент* = 9612 расход наружного приточного воздуха для вентиляции;

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

*ρв* = 353 / (273 + *tв*)= 353 / (273 -29)= 1,45 кг/м3, (24)

где *Gинф* – расход инфильтрующегося наружного воздуха через воздухопроницаемый элемент лестничной клетки многоквартирного здания кг/ч;

*kок* – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в

воздухопроницаемых конструкциях, принимают равным 0,8 – для окон и балконных дверей с двойными раздельными переплетами;

*cа* – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°С), принимают *cа* = 1,006 кДж/(кг·°С);

*Aогр.сум* = 4992 суммарная площадь наружных ограждающих конструкций здания, м2.

Условный коэффициент теплопередачи здания в расчетных условиях:

𝐾усл.р = 0,28(9612 ∗ 1,45 + 180,8 ∗ 0,8) ∗ 1,006

= 0,794 Вт/(м2 ∗ °С)

инф.

4992

При средней температуре отопительного периода:

𝐾усл.р = 0,28(9612 ∗ 1,45 + 159 ∗ 0,8) ∗ 1,006

= 0,793 Вт/(м2 ∗ °С)

инф.

4992

# Расчеты энергетических показателей здания

# Расчет годового потребления теплоты на отопление и вентиляцию

Теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период:

𝑄год = 24 ∗ 10−3 ∗ 𝐾пр ∗ ГСОП ∗ А

огр тр орг.сум

𝐾пр =0,52 - приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт(м2·°С);

тр

ГСОП = 3857,9 °C·сут;

*Аогр.сум*=4992 сумма площадей всех наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания, м2.

𝑄год = 24 ∗ 10−3 ∗ 0,52 ∗ 3857,9 ∗ 4992 = 240348 кВт ∗ ч

огр

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

𝑄год = 24 ∗ 10−3 ∗ 𝐾усл ∗ ГСОП ∗ А

= кВт ∗ ч

инф вент

инф.

орг.сум

где

*K*

*усл инф*.*ж*

=0,793-условный коэффициент теплопередачи здания в расчетных

условиях, Вт/(м2·°С);

*Аогр.сум* , ГСОП – то же, что в формуле 22.

𝑄год = 24 ∗ 10−3 ∗ 0,793 ∗ 3857,9 ∗ 4992 = 366530 кВт ∗ ч

инф

вент

Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за

отопительный период:

𝑄год = 𝑄год + 𝑄год = 240348 + 366530 = 606878 кВт ∗ ч

тп.

огр.

инф/вент

Бытовые теплопоступления за отопительный период 𝑄год (квт ∗ ч) равны:

быт.

𝑄год = 𝑞быт ∗ 𝑡 ∗ 𝑧от.п ∗ Аж ∗ 10−3,

тп.

где t = 24ч – рабочее время использования помещения, ч;

*zот.п*=223 сут – продолжительность отопительного периода, сут, м2;

*qбыт* – величина бытовых тепловыделений на 1м2 площади жилых помещений, принимаются равными *qбыт*= 17 Вт/м2;

*Аж* = 3204 м² площадь жилых комнат квартир, м².

𝑄год = 17 ∗ 24 ∗ 223 ∗ 3204\*10-3 = 291513 квт ∗ ч

быт.

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

𝑄год = 𝜏1ок𝜏2ок(Аок1𝐼ок1 + Аок2𝐼ок2 + Аок3𝐼ок3 + Аок4𝐼ок4),

инс

где *τ1ок*=0,65 — коэффициент затенения непрозрачными элементами окон; τ2ок

=0,62 – коэффициенты относительного пропускания солнечной радиации окон; *Aок.1, Aок.2 –(34 и 306,)* площади световых проемов фасадов здания, м2; *Aв* = м2, *Aз* = 374 м2;*I1, I2* — средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по разным фасадам здания, кВт·ч/м2. 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» Тихвин, Ленинградской области Ю=1272 МДж/м2 = 353,33 кВт·ч/м2; на С= 562 МДж/м2 = 156,11 кВт·ч/ м2.

𝑄год = 0,65 ∗ 0,62 ∗ (340 ∗ 353,3 + 408 ∗ 156,1) = 74076 кВт ∗ ч

инс

Расчетный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период при непрерывном режиме отопления 𝑄год.расч (кВт ∗ ч)

от+вент

𝑄год.расч = (𝑄год + 𝑄год − (𝑄год + 𝑄год) ∗ ν ∗ 𝜁) ∗ (1 − 𝜁) ∗ 𝛽

= кВт ∗ ч/год

от+вент

огр

инф вент

быт

инс тп

- расход тепловой энергии для компенсации трансмиссионных

теплопотерь через наружные ограждения за отопительный период, кВт·ч;

*год инф*/*вент*

*Q*

- расход тепловой энергии на нагрев наружного воздуха, поступающего

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

*год быт*

*Q*

кВт·ч;

*год инс*

*Q*

* бытовые (технологические) теплопоступления за отопительный период,
* теплопоступления через светопрозрачные части окон, витражей,

балконных дверей и фонарей от солнечной радиации за отопительный период, кВт·ч;

ν - коэффициент, учитывающий снижение использования теплопоступлений в

период превышения их над теплопотерями, принимают: 0,8 - при ГСОП = 5000

°С·сут; 0,9 - при ГСОП = 9000 °С·сут. Определяем, используя линейную интерполяцию:

ν = 0,8 +

0,9 − 0,8

9000 − 5000

(3857,9 − 5000) = 0,77

*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 теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета потребленной тепловой энергии; из-за отсутствия статистических данных принимают ξ = 0,15 для квартирных систем отопления с измерением теплосчетчиком в целом на квартиру;

*βтп* - 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.

𝑄год.расч = (240348 + 366530 − (291513 + 74076) ∗ 0,77 ∗ 0,15) ∗ (1 − 0,15) ∗ 1,11

от+вент

532750 = кВт ∗ ч/год

# 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 𝑞год.расч кВт ∗ ч/м2

от+вент

𝑞год.расч = 𝑄от+вент

от+вент

Акв

где *Qот**вент* =532750– расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания принепрерывном и постоянном режиме отопления, кВт·ч;

*Aкв* =5166 общая площадь квартир, м2.

год.

от+вент

532750

5166

𝑞 =

= 103,1 кВт ∗ ч/м2

# Определение класса энергетической эффективности жилого здания

Удельная вентиляционная характеристика здания, определяется по формуле:

*kвент* , Вт/(м3·°С),

𝑘*вент* = 0,28*с*𝑛*в*𝛽𝑣𝜌*вент*(1 − 𝑘*эф* ) = Вт/(м3·°С),(33)

*в*

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

*v* - коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать *v*

= 0,85;

*kэф* - коэффициент эффективности рекуператора;

*вент*

*в*

* средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м3:

*вент*  353 / (273  *t* )  353 / (273  2,7)  1,3 кг/м3, (32) где *tот* = -2,7 °С – средняя температура наружного воздуха в отопительный

*в от*

период;

*nв* - средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч-

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период определяется по формуле:

*nв* ,

где *nв*1 и

𝑛*в* = 𝑛*в*1 + 𝑛*в*2ч-1, (33)

*nв*2 - средняя кратность воздухообмена жилой части здания и ЛЛУ, соответственно, за отопительный период:

𝑛*в*1 = 𝐿*вент*/𝛽𝜈𝑉*от*, (34)

𝑛*в*2 = (𝐺*инфЛЛУ* ⋅ 𝑛*инф*)/(168 ⋅ 𝜌*вент*)/(𝛽𝜈 ⋅ 𝑉*от*), (35) где 𝐿*вент* =9612 – расход наружного приточного воздуха для вентиляции, м3/ч; *Vот* =23384 – отапливаемый объем здания, м3;

*в*

𝐺*инфЛЛУ* =180,8 – количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в лестничную клетку жилого здания, кг/ч;

*nинф*  168 число часов учета инфильтрации в течении недели, ч.

𝑛*в*1 =9612/(23384\*0,85)=0,48 ч-1;

𝑛*в*2 =(180,8\*168)/(168\*1,3)/(0,85\*23384)=0,007 *ч*−1;

𝑛*в* = 0,48 + 0,007 =0,487 ч-1.

𝑘*вент* = 0,28*с*𝑛*в*𝛽𝑣𝜌*вент*(1 − 𝑘*эф*) = 0,28 ⋅ 1 ⋅0,487⋅ 0,85 ⋅ 1,3 ⋅ 1 =0,15

*в*

Вт/(м3·°С),

Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания определяется по формуле:

𝑘быт

= 𝑞быт𝐴ж

𝑉от(𝑡в − 𝑡от)

Вт/(м3 · °С),

Где qбыт=17 Вт/м2 – величина бытовых тепловыделений на 1 м2 площади жилых помещений

*Aж* = 3204 – жилая площадь квартир, м2;

Vот= 23384 - отапливаемый объем здания, м3;

*tв* =20оС – расчетная температура внутреннего воздуха, оС;

*tот* =-2,7оС – средняя температура наружного воздуха в отопительный период,

оС.

𝑘быт

17 ∗ 3204

= 23384(20 + 2,7)

= 0,1 Вт/(м3 · °С),

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

𝑘рад

11,6 ∗ 𝑄год

=

рад

𝑉от ∗ ГСОП

Вт/(м3 · °С),

Где 𝑄год = 3,6 ∗ 74076 = - теплопоступления через окна от солнечной радиации в течении отопительного периода, МДж/год;

рад

Vот=23384 – отапливаемый объем здания, м3;

ГСОП =3857,9 оС∙сут – градусо-сутки отопительного периода, оС∙сут.

𝑘рад

11,6 ∗ 74076 ∗ 3,6

=

23384 ∗ 3857,9

= 0,034 Вт/(м3 · °С),

Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, *q р* , Вт/(м3∙°С) определяем по формуле:

*от*

𝑞р = (𝑘

от

об

+ 𝑘

вент

− (𝑘

быт

+ 𝑘

рад

) ∗ 𝑦ƺ)(1 − ƺ)𝑏ℎ

kоб=0,13 удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м3·°С); *kвент* =0,15 Вт/(м3·°С) – удельная вентиляционная характеристика здания, *kбыт* =0,1 Вт/(м3·°С) – удельная характеристика бытовых тепловыделений

здания,Вт/(м3·°С);

*kрад* =0,034 Вт/(м3·°С) - удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м3·°С);

 - коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий

при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения  =0,1;

*h* - коэффициент, учитывающий дополнительное теплопотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплопотерями через за радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения для башенных зданий *h*

=1,11;

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

 =0,7+0,00002(ГСОП-1000) = 0,7+0,00002∙(3857,9 -1000) =0,76

 - коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах

отопления:  = 0,5 - в системе без термостатов и без

авторегулирования на вводе - регулирование центральное в ЦТП или котельной.

𝑞р = (0,13 + 0,15 − (0,1 + 0,034) ∗ 0,76 ∗ 0,5)(1 − 0,1) ∗ 1,11 = 0,229

от

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 *тр*

*q*

*от*

=0,319Вт/(м3·°С).

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

*q р* =-28,2 % (40)

*от*

при величине отклонения равной -28,2 % класс энергосбережения жилого здания **В** (высокий). В разработке мероприятий для повышения энергетической эффективности здания нет необходимости.

# Энергетические нагрузки здания

Расчетные трансмиссионные теплопотери через наружные ограждения оболочки здания 𝑄р , кВт:

огр

𝑄р = 𝐾пр ∗ 𝐴

∗ (𝑡

− 𝑡𝑝) ∗ 𝐵

∗ 10−3 = кВт

огр

тр огр.сум в н

доб

*Где* 𝐾пр = 0,52 - приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/( м2·°С)

тр

*Аогр.сум*=4992 - сумма площадей всех наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания, м2;

𝑡в и 𝑡𝑝=20 °С и -29 °С – расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты и расчетная температура наружного воздуха для расчета теплозащиты в холодный период года;

н

*βдоб* – 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.

𝑄р = 0,52 ∗ 4992 ∗ (20 + 29) ∗ 1,13 ∗ 10−3 = 143,7 кВт

огр

Расчетный расход теплоты на нагрев наружного воздуха, поступающего за счет инфильтрации и вентиляции в жилых зданиях 𝑄р , кВт:

инф/вент.ж

𝑄р = Кпр ∗ А

∗ (𝑡

− 𝑡𝑝) ∗ 𝐵

∗ 10−3 =

инф/вент.ж

тр огр в н

доб

Кусл =0,794 Вт/( м2·°С) – условный коэффициент теплопередачи здания в расчетных условиях, Вт(м2\*°С);

инфж

*Аогр.сум*= 4992 – сумма площадей всех наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания, м2;

𝑡в и 𝑡𝑝 = 20°С и − 29°С – расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты, °С и расчетная температура наружного воздуха для расчета теплозащиты в холодный период года, °С.

н

𝑄р = 0,794 ∗ 4992 ∗ (20 + 29) ∗ 1,13 ∗ 10−3 = 219,5 кВт

инф/вент.ж

Бытовые (внутренние) теплопоступления в жилом доме в среднем за час суток

отопительного периода 𝑄р , кВт:

быт

𝑄р = 𝑞

∗ 𝐴

∗ 10−3

быт

быт ж

где *Аж*= 3204 - жилая площадь квартир, м2;

*qбыт* - величина бытовых тепловыделений на 1м2площади жилых помещений. Для жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20м2 общей площади на человека *qбыт*= 17 Вт/м2.

𝑄р = 17 ∗ 3204 ∗ 10−3 = 54,5 кВт

быт

Требуемая мощность системы отопления:

𝑄р = (𝑄р + 𝑄р − 𝑄р ) ∗ 𝐵 =

от.тр

огр

инф/вент

быт тп

𝑄р = 143,7 -расчетный расход теплоты на компенсацию трансмиссионных теплопотерь через наружные стены ограждения оболочки здания (кВт);

огр

теплопотерь через наружные стены ограждения оболочки здания (кВт);

𝑄р =219,5 - расчетный расход теплоты на нагрев наружного воздуха, поступающего за счет инфильтрации и вентиляции (кВт);

инф/вент

𝑄р = 54,5 − бытовые теплопоступления в квартирах либо в рабочих помещениях общественных зданий (кВт). При определении требуемой мощности системы отопления бытовые теплопоступления;

быт

*βтп* - 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.

𝑄р = (143,7 + 219,5 – 54,5) ∗ 1,11 = 342,7 кВт

от.тр

# 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 = 287 чел.

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

*gгв*.*ср*.*сут*.*от*.*п*.*ж*  *агв*.*табл*.*А*.2  365 / [*zот*.*п*    (351 *zот*.*п* )], (45)

где *aгв*.*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;

*zот.п* =223 сут - продолжительность отопительного периода, сут;

α - коэффициент, учитывающий снижение уровня водоразбора, в жилых зданиях в летний периодα= 0,9.

𝑔гв.ср.сут.от.п.ж = 85 ⋅ 365/[223 + 0,9 ⋅ (351−223)] =91,74 л/чел∙сут.

Среднечасовой суточный расход горячей воды на здание в отопительный период

ср.от.п. м3 гв. ч

𝐺

( )

ср.от.п. гв.

𝐺

10−3

= 𝑔гв.ср.сут.от.п. ∗ Акв ∗ 24 ∗ А ,

п чел

где *Акв* – 5166 общая площадь квартир, м2;

*Ачел*= 18м2 – норма общей площади квартир на одного жителя в жилом здании, м2/чел.

ср.от.п. гв.

𝐺

10−3

= 91,74 ∗ 5166 ∗ = 1,1

24 ∗ 18

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

*gхв*.*ср*.*сут*.*от*.*п*.*ж*  *ахв*.*табл*.*А*.2  365 / [*zот*.*п*    (351 *zот*.*п* )] (47)

где *aхв*.*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;

*zот.п* = 223 сут - продолжительность отопительного периода, сут;

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

𝑔хв.ср.сут.от.п.ж = 200⋅ 365/[223 + 0,9 ⋅ (351−223)] = 215,8 л/чел∙сут.

Среднечасовой расход холодной воды на здание в отопительный период

ср.от.п. гв.

𝐺

10−3

= 𝑔гв.ср.сут.от.п. ∗ Акв ∗ 24 ∗ А ,

п

где *Акв* – общая площадь квартир, м2;

чел

Ачел = 18 норма общей площади квартир на одного жителя в жилом здании, м2/чел.

ср.от.п. гв.

𝐺

10−3

= 215,8 ∗ 5166 ∗ = 2,58

24 ∗ 18

Среднечасовой расход теплоты на горячее водоснабжение в отопительный период 𝑄ср.от.п.

гв.

𝑄ср.от.п. = 𝑞

∗ 𝐴

∗ 10−3

гв. гв кв

*qгв* -удельный среднечасовой расход тепловой энергии для горячеговодоснабжения в отопительный период, Вт/м2:

*qгв*  [*gгв*.*ср*.*сут*.*от*.*п*.  (*tгв*  *tхв* )  (1  *kтр* )  *вод*  *свод* ] / (3,6  24  *Aчел* ) ,

где *gгв*.*ср*.*сут*.*от*.*п*. =91,74 л/чел∙сут - расчетный средний суточный расход горячей воды

в отопительный период на одного жителя, л/чел∙сут;

*tгв*=650С - температура горячей воды, 0С, в соответствии с Сан-ПиН 2.1.4.2496; *tхв*- температура холодной воды в отопительный период, 0С, принимают равной 50С;

*kтр*- коэффициент, учитывающий потери теплоты трубопроводами систем горячего водоснабжения; для индивидуальных тепловых пунктов жилых зданий с централизованной системой горячего водоснабжения kтр = 0,2; для индивидуальных тепловых пунктов общественных зданий и для жилых зданий с квартирными водонагревателями kтр =0,1;

*ρвод* -плотность воды, равная 1кг/л;

*свод*- удельная теплоемкость воды, равная 4,2 Дж/(кг∙ 0С); 18 - норма общей площади квартир на одного жителя в жилом здании, м2/чел.

𝑞*гв* = [91,74⋅ (65 − 5) ⋅ (1 + 0,2) ⋅ 1 ⋅ 4,2]/(3,6 ⋅ 24 ⋅ 18) =17,8 Вт/м2

𝑄ср.от.п. = 17,8 ∗ 5166 ∗ 10−3 = 91,95 кВт ∗ ч

гв.

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

𝑄макс = 𝑄ср.от.п. ∗ (𝑘

+ 𝑘

)/(1 + 𝑘 )

гв.

гв.

тр час тр

𝑄ср.от.п.*-* среднечасовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение здания в отопительный период, кВт\*ч;

гв.

kтр = 0,2 - коэффициент теплопотерь трубопроводами, определяется по табл. 2

СТО НОП 2.1-2014;

*kчас*=5,15- коэффициент часовой неравномерности водопотребления, определяем по табл. 3 СТО НОП 2.1-2014.

𝑄макс = 91,95 ∗ 0,2 + 5,15 = 409,9 кВт ∗ ч

гв.

1 + 0,2

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение здания

𝑄год = 𝑞год ∗ 𝐴кв

гв.

гв.𝑖

*qгод* - 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, *mуст.в.сч/mкв.в.зд*.

*гв*

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:

𝑞год = 0,02 ∗ 𝑞 ∗ ((70,2 + 𝑧

) + 0,74 ∗ 351 − 𝑧

) ∗ ( Ачел ) ∗ (1 − 0,4

гв гв

𝑚уст.в.сч

∗ )

𝑚кв.в.зд

от.п

от.п

Ачел.𝑖

где *qгв* = 16 Вт/м2 – удельный среднечасовой в отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение;

zот.п =223 - продолжительность отопительного периода, сут;

*mуст.в.сч* = 63 – количество квартир в здании, где установлены квартирные водосчетчики;

*mкв.в.зд* = 90 - суммарное количество квартир в здании

18

𝑞год ( )

= 0,02 ∗ 16 ∗ ( 70,2 + 223) + 0,74 ∗ (351 − 223) ∗ ( )

гв

∗ (1 − 0,4 ∗

63

90

) = 4,64 кВт ∗ ч/м2

351

𝑄год = 𝑞год ∗ 𝐴кв = 4,64 ∗ 5166 = 23970кВт ∗ ч

гв гв

# Решения по инженерным система 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.

Магистрали прокладываются в подвале в теплоизоляционных цилиндрах на высоте удобной для монтажа. Магистрали холодного водопровода прокладываются 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. Стояки прокладываются 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 (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 воздухоотводчиками 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 Р = 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 ПВ3 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

* 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.

* 1. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий. М. 2016. – 94 с.
  2. 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. Тихвин |
| Разработчик проекта |  |
| Адрес и телефон разработчика | ФГАОУ ВО "СПбПУ", ИСИ |
| Шифр проекта | 18316203 |
| Назначение здания, серия | Жилое, по индивидуальному проекту |
| Этажность, количество секций | - 9 этажей, 2-хсекционное |
| Количество квартир | 90-квартир |
| Расчетное количество жителей  (служащих) | жителей из расчета 18 м2 общей площади квартиры на человека |
| Размещение в застройке | Отдельно стоящее здание |
| Конструктивное решение | Бескаркасное |

* + 1. **Условия расчетные климатические**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Расчетные параметры | Обозна- чение | Единица измерения | Расчетное значение |
| 1 | Расчетная температура внутреннего воздуха для  проектирования теплозащиты и отопления | *tвн* | °C | 20 |
| 2 | Расчетная температура наружного воздуха для  проектирования теплозащиты, отопления и вентиляции | *tн.р* | °C | -29 |
| 3 | Средняя температура наружного воздуха в  отопительный период | *tн.от.п* | °C | -2,7 |
| 4 | Продолжительность отопительного периода | *zот.п* | сут | 223 |
| 5 | Градусо-сутки отопительного периода | *ГСОП* | °C·сут | 2857,9 |
| 6 | Наружная температура воздуха начала/  окончания отопительного периода | 𝑡𝐼  н | °C | +8 |
| 7 | Расчетная скорость ветра в отопительный  период | *v* | м/сек | 1,9 |
| 8 | Расчетная температура воздуха на чердаке | *tчерд* | °C | -35 |
| 9 | Расчетная температура воздуха в техническом  подполье | *tпод* | °C | 2 |

# Показатели геометрические

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п. п. | Показатель | Обозначение  и единица измерения | Норми-  руемое значение | Расчетное  проектное значение | Фактическое значение |
| 10 | Площадь квартир | *Aкв*, м2 | – |  | 5166 |
| 11 | Полезная площадь (общественного здания) | *Aпол*, м2 | – | – |  |
| 12 | Площадь жилых помещений | *Aж*, м2 | – |  | 3204 |
| 13 | Отапливаемый объем здания | *Vот*, м3 | – |  | 23384,3 |
| 14 | Показатель компактности здания | *kкомп*, 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: | 𝐴огр.сум, м2 | - |  | 6427,5 |
| * фасадов; | 𝐴фас | - |  | 4090,9 |
| * стен (раздельно по типу конструкции); | 𝐴ст | - |  | 3237,7 |
| * окон и балконных   дверей квартир; | 𝐴ок.1 | - |  | 843,75 |
| * глухой части балконных дверей; | 𝐴ок.2 | - |  |  |
| * окон нежилого этажа; | 𝐴ок.3 | - | - |  |
| * окон ЛЛУ; | 𝐴ок.ЛЛУ | - |  | 47,25 |
| * балконных дверей   наружных переходов ЛЛУ; | 𝐴б.дв.ЛЛУ | - | - |  |
| * входных дверей   витражных; | 𝐴вх.дв.1 | - | - |  |
| * входных дверей утепленных; | 𝐴вх.дв.2 | - |  | 9,45 |
| * покрытий; | 𝐴покр | - | - |  |
| * чердачных перекрытий; | 𝐴черд | - |  | 1168,3 |
| * перекрытий цокольных (над техническими подпольями); | 𝐴цок | - |  | 1168,3 |
| * перекрытий над   проездами или под эркерами; | 𝐴эрк | - | - |  |
| * стен в земле и пол по грунту (раздельно). | 𝐴гр. | - | - |  |

* + 1. **Показатели теплотехнические**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п | Показатель | Обозначение  и единица измерения | Норми-  руемое значение | Расчетное  проектное значение | Фактичес-  кое значение |
| 17 | Приведенное сопротивление  теплопередаче наружных ограждений, в том числе: | 𝑅пр,  0  м2 ∙ ℃/Вт | 0,14 |  | 0,95 |
| * стен (раздельно по типу конструкции); | 𝑅пр  ст | 4,0 |  | 4,17 |
| * окон и балконных дверей; | 𝑅пр  ок.1 | 0,71 |  | 0,71 |
| * глухой части балконных дверей; | 𝑅пр  б.дв.гл | ? |  |  |
| * витражей; | 𝑅пр  ок.2 |  |  |  |
| * окон ЛЛУ; | 𝑅пр  ок.ЛЛУ |  |  |  |
| * балконных дверей наружных переходов ЛЛУ; | 𝑅пр  б.дв.ЛЛУ |  |  |  |
| * входных дверей витражных; | 𝑅пр  вх.дв.1 |  |  |  |
| * входных дверей утепленных; | 𝑅пр  вх.дв.2 | 0,91 |  | 1,06 |
| * покрытий; | 𝑅пр  покр. |  |  |  |
| * чердачных перекрытий; | 𝑅экв  черд | 5,25 |  | 5,64 |
| * перекрытий цокольных (над техническими подпольями); | 𝑅экв  цок | 1,99 |  | 2,06 |
| * перекрытий над проездами   или под эркерами; | 𝑅пр  эрк |  |  |  |
| * стен в земле и пол по грунту (раздельно). | 𝑅пр  гр |  |  |  |

# Показатели вспомогательные

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.  п. | Показатель | Обозначение и единица измерения | Нормируемое значение | Расчетное проектное значение |
| 18 | Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи  здания | *Кпр* ,  *тр*  Вт/(м2·°С) | 0,42 |  |
| 19 | Условный инфильтрационный коэффициент теплопередачи  здания | *К усл* ,  *инф*  Вт/(м2·°С) | 0,74 |  |
| 20 | Кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме  воздухообмена | *nв* ,  ч-1 | 0,98 |  |

* + 1. **Удельные характеристики**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п. п. | Показатель | Обозначение и единица измерения | Нормируемое значение | Расчетное проектное значение |
| 21 | Удельная теплозащитная  характеристика здания | *kоб* ,  Вт/(м3·°С) | 0,102 |  |
| 22 | Удельная вентиляционная  характеристика здания | *kвент* ,  Вт/(м3·°С) | 0,16 |  |
| 23 | Удельная характеристика  бытовых тепловыделений здания | *kбыт* , Вт/(м3·°С) | 0,07 |  |
| 24 | Удельная характеристика  теплопоступлений в здание от солнечной радиации | *kрад* , Вт/(м3·°С) | 0,022 |  |

# 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) | *Qгод* ,  *огр*  кВт∙ч |  | 481915 |  |
| 26 | Теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом  инфильтрации за ОП | *Qгод* ,  *инф*/*вент*  кВт∙ч |  | 853474 |  |
| 27 | Общие теплопотери через  ограждающую оболочку здания за ОП | *Qгод* ,  *тп*  кВт∙ч |  | 1335389 |  |
| 28 | Удельные бытовые (внутренние) тепловыделения в здании  (квартирах) | *qбыт* , Вт/м2 |  | 17 |  |
| 29 | Бытовые технологические тепловыделения в здании за  ОП | *Qгод* ,  *быт*  кВт∙ч |  | 355861 |  |
| 30 | Теплопоступления в здание  от солнечной радиации за ОП | *Qгод* ,  *инс*  кВт∙ч |  | 105665 |  |
| 31 | Расход тепловой энергии  здания на отопление и вентиляцию за ОП | *Qгод* ,  *от**вент*  кВт∙ч |  | 1220096 |  |

* + 1. **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 | *ξ* | 0,1-0,15 | 0,15 |
| 34 | Коэффициент учета  встречного теплового потока в окнах | *kок* | 0,7-1,0 | 0,8 |
| 35 | Коэффициент затенения окон и витражей непрозрачными  элементам | *τ1* |  | 0,65 |
| 36 | Коэффициент относительного пропускания солнечной  радиации окон | *τ2* |  | 0,62 |
| 37 | Коэффициент, учитывающий снижение использования теплопоступлений в период превышения их  над теплопотерями | *ν* |  | 0,801 |
| 38 | Коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери системы  отопления | β*тп* | 1,05-1,13 | 1,11 |

# Нагрузки энергетические и ресурсные

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п. п. | Параметры | Обозначения | Единица  измерения | Величина |
| 39 | Мощность систем  инженерного оборудования: |  |  | 112,5  501,56 |
| -требуемая для отопления и  вентиляции (естественная) | *Qр*.*тр*  *от*. | кВт |
| -требуемая для горячего  водоснабжения | *Qмакс*  *гв* | кВт |
| 40 | Среднечасовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение в  отопительный период | *Qср*  *гв* | кВт | 17,8 |
| 41 | Средний суточный расход: |  |  |  |
| -холодной воды | *Gсут*  *хв* | м3/ч | 215,34 |
| -горячей воды | *Gсут*  *гв* | м3/ч | 91,52 |
| 42 | Удельная объемная тепловая  характеристика здания | *qт* | Вт/(м3·°С) | 0,22 |

* + 1. **Годовые и удельные расходы энергии и ресурсов**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п. п. | Параметры | Обозначения | Единица  измерения | Величина |
| 43 | Годовые расходы  энергии и ресурсов на здание: |  |  | 1828589,7 |
| - тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого дома с учетом  авторегулирования | *Qгод*  *от**вент* | кВт∙ч | 1 220096 |
| - тепловой энергии на  горячее водоснабжение | *Qгод*  *гв* | кВт∙ч | 630142,7 |
| 44 | Удельные годовые  расходы энергии и ресурсов: | *qгод*  *от**вент* | кВт∙ч/м2 | 323,1 |
| - тепловой энергии на  отопление и вентиляцию жилого здания |

# Показатели и классы энергетической эффективности, соответствие нормативным требованиям

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п. п. | Показатель | Обозначение и единица измерения | Значение показателя до улучшения тепловой оболочки здания | Значние показателя после улучшения тепловой оболочки  здания |
| 45 | Удельный показатель тепловой  энергетической эффективности проекта здания | *qгод* ,  *от**вент*  кВт∙ч/м2 |  | 323,1 |
| 46 | Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за  отопительный период | *q р*  *от* |  | 0,223 |
| 47 | Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за  отопительный период | *qтр*  *от* |  | 0,336 |
| 48 | Класс энергосбережения |  |  | В+ |
| 49 | Соответствует ли проект здания нормативному требованию  теплозащите |  |  | Да |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Ведомость чертежей* | | | | | | | | | | | |
| *Лист* | | *Наименование* | | | | | | | | *Примеч.* | |
| *1* | | *Ведомость чертежей* | | | | | | | | *A4* | |
| *2* | | *План 2-7 этажа* | | | | | | | | *A2х3* | |
| *3* | | *План 1 этажа* | | | | | | | | *A2х3* | |
| *4* | | *Фасад 1-16* | | | | | | | | *A3х3* | |
| *5* | | *Фасад 16-1* | | | | | | | | *A3х3* | |
| *6* | | *Разрез 1-1* | | | | | | | | *A2* | |
|  | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  |  |  |  | *Энергетический паспорт здания* | | | | |
|  |  | |  |  |  |  |
|  |  | |  |  |  |  | *г.Тихвин* | | | | |
|  |  | |  |  |  |  |
| *Изм.* | *К.уч.* | | *Лист* | №*док* | *Подпись* | *Дата* |
| *Разраб.* | | | *Чепелев* | |  | *04.23* | *Энергоресурсосбережение в городском хозяйстве* | *Стадия* | *Лист* | | *Листов* |
| *Проверил* | | | *Масликов* | |  | *04.23* | *У* | *1* | |  |
|  | | |  | |  |  |
|  | | |  | |  |  | *Ведомость чертежей* | *СПБПУ, ИСИ, гр. 3140801/21702* | | | |
|  | | |  | |  |  |
|  | | |  | |  |  |

*Формат А4 210х297*

*Формат А2 594х420*