

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Энергосбережение и энергоаудит

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Повышение энергоэффективности инженерных систем жилого многоквартирного дома

Обучающийся

И.А. Евдокимов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

М.В. Дайнеко

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

## Аннотация

Бакалаврская работа выполнена по теме «Повышение энергоэффективности инженерных систем жилого многоквартирного дома».

В работе дана краткая характеристика объекта строительства, его расположения, климатических условий в районе застройки и характеристик источника питания.

Произведён расчёт ожидаемых электрических нагрузок как от жилых квартир, так и от систем инженерного обеспечения функционирования жилого дома. Определены характерные группы потребителей электрической энергии в соответствии с требованиями к обеспечению надежности электроснабжения.

Произведён выбор кабельных линий и их сечения, выбраны типы проводников. Для защиты линий к электроприемникам выбраны автоматические выключатели и дифференциальные автоматы.

Рассмотрены вопросы организации системы заземления жилого дома и молниезащиты здания. Определены параметры системы наружного освещения прилегающей к зданию территории.

Рассмотрены вопросы обеспечения энергетической эффективности инженерных сетей жилого дома.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 50 страниц печатного текста и графической части, выполненной на шести листах формата А1.

## **Abstract**

Bachelor's work was done on the topic «Improving the energy efficiency of engineering systems of a residential apartment building».

The paper gives a brief description of the construction site, its location, climatic conditions in the development area and the characteristics of the power source.

The calculation of the expected electrical loads from both residential apartments and engineering support systems for the operation of a residential building was made. Characteristic groups of consumers of electrical energy are determined in accordance with the requirements for ensuring the reliability of power supply.

The choice of cable lines and their cross-sections has been made, the types of conductors have been selected. To protect the lines to the electrical receivers, automatic switches and differential automata were selected.

The issues of organizing the grounding system of a residential building and lightning protection of the building are considered. The parameters of the outdoor lighting system of the territory adjacent to the building are determined.

The issues of ensuring the energy efficiency of engineering networks of a residential building are considered.

Bachelor's work consists of an explanatory note of 50 printed pages and a graphic part, made on six sheets of A1 format.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 5  |
| 1 Система внутреннего электроснабжения и электроосвещения жилого дома<br>.....                               | 11 |
| 1.1 Определение расчетных нагрузок по многоэтажному жилому дому....  | 12 |
| 1.2 Надежность электроснабжения электроприемников жилого дома .....  | 16 |
| 1.3 Обеспечение электроэнергией электроприемников и компенсация<br>реактивной мощности.....                  | 17 |
| 1.4 Мероприятия по заземлению (занулению) и молниезащите .....   | 19 |
| 1.5 Выбор типа, класса проводников для групповых и распределительных<br>сетей.....                           | 23 |
| 1.6 Система рабочего и аварийного освещения жилого дома.....   | 27 |
| 2 Повышение энергетической эффективности инженерных сетей жилого<br>дома.....                                | 33 |
| 2.1 Инженерные системы жилого дома и потребители энергетических<br>ресурсов.....                             | 33 |
| 2.2 Мероприятия по резервированию электроэнергии и обеспечению<br>требуемой надежности электроснабжения..... | 34 |
| 2.3 Показатели энергетической эффективности жилого дома и требования<br>к ее достижению .....                | 37 |
| 2.4 Технические требования и мероприятия по достижению энергетической<br>эффективности.....                  | 39 |
| Заключение .....   | 45 |
| Список используемой литературы .....   | 48 |

## Введение

Строительство жилого многоквартирного дома планируется в 8 микрорайоне г. Томска. Площадка строительства расположена в северо-восточной части г. Томска в границах улиц Петра Федоровского и Андрея Крячкова.

Данная территория свободна от жилой застройки и имеет I категорию сложности инженерно-геодезических работ. Дорожное покрытие и движение автотранспорта на участке работ отсутствует, подъезд к площадке осуществляется по бетонной дороге вдоль строящихся многоэтажных жилых домов. Расположение строительной площадки на территории жилого микрорайона города Томска показано на рисунке 1.

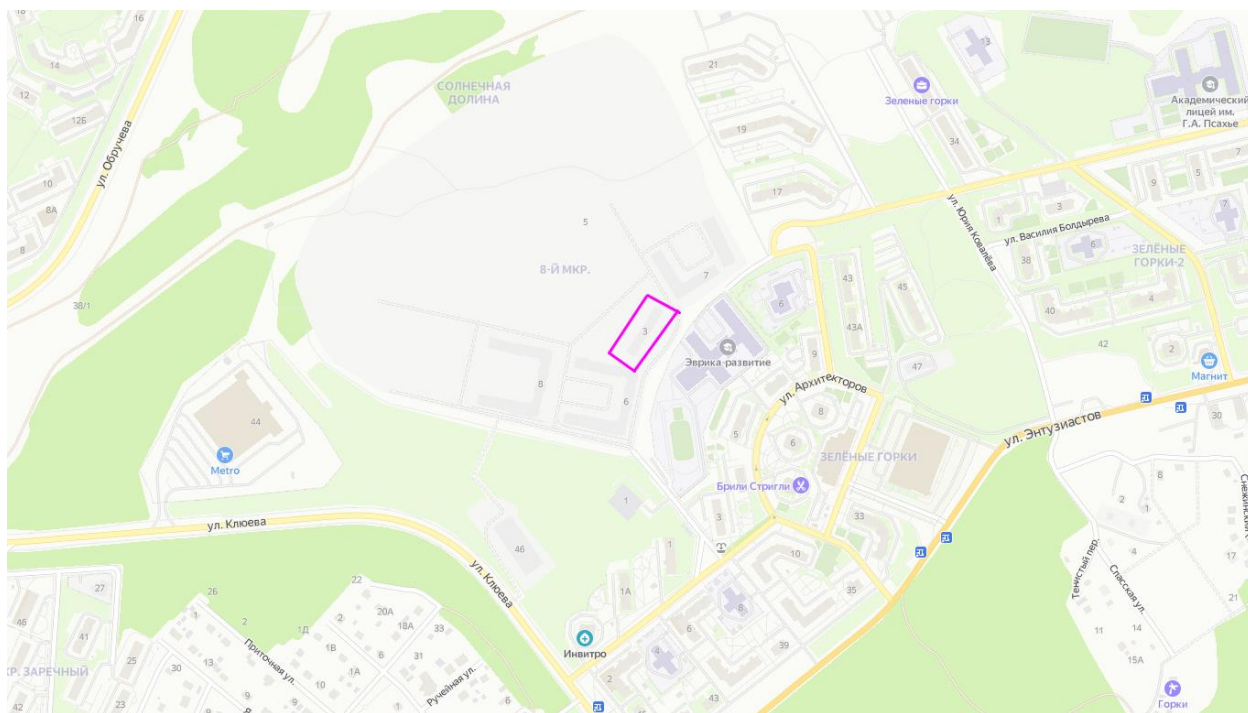


Рисунок 1 - Расположение строительной площадки на территории жилого микрорайона города Томска

Жилой дом №1 запроектирован в панельном исполнении из конструкций 75 серии и состоит из четырех блок-секций: 75-19/10 (2-1-1-2). Проектируемое

здание имеет прямоугольную форму в плане с размерами в осях 12,00м × 76,82м, состоит из 10 жилых этажей, технического чердака и технического подполья.

Всего в здании 160 квартир, из них: 80 – однокомнатных, 80 – двухкомнатных. Количество жилых этажей – 10.

За относительную отметку 0,000 принят уровень чистого пола 1-го этажа, что соответствует абсолютной отметке 152,10 в блок-секциях 1,2 и абсолютной отметке 152,70 в блок-секции 3,4.

Высота технического подполья (от пола до потолка) – 2,23 м.

Высота жилых этажей (от пола до потолка): первого – 2,56м; последующих – 2,62м Высота технического чердака (от пола до потолка) – переменная от 1,94 м до 2,16 м.

Высота здания от поверхности покрытия пожарных проездов до низа открывающегося проема верхнего этажа составляет не более 28 м.

Площадь пожарного отсека составляет 917,76м<sup>2</sup>.

Расчетное количество МГН групп М2-М4- не менее 1 человека на этаж секции (всего в жилом доме 40 чел.).

Используемые при проектировании своды правил применяются в целях повышения уровня безопасности людей, охраны здоровья населения, рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды и сохранности материальных ценностей в соответствии с федеральными законами.

Входы (эвакуационные выходы) в жилое здание осуществляются через двойные тамбуры. Тамбур №1, тамбур №2 частично - в витражном исполнении по системе «СИАЛ» из алюминиевого профиля по ГОСТ 22233-2001, с заполнением однокамерными стеклопакетами толщиной 24 мм из закаленного стекла, заполнение нижней части витражей тамбуров – сэндвич-панель толщиной 24мм (высота не менее 0,3м). Стены остальной части входов выполняются из трехслойных керамзитобетонных панелей с утеплителем из пенополистирольных плит.

Габариты тамбуров выполнены с учетом доступности маломобильных групп населения. Высота тамбура (горизонтальных участков путей эвакуации) в свету не менее 2,0м. В тамбурах на путях эвакуации отсутствует оборудование и шкафы, выступающие из плоскости стен.

Кровля входов в жилое здание – плоская, неэксплуатируемая, с верхним слоем из рулонных материалов с крупнозернистой посыпкой, имеет уклон не менее 2%. Вода отводится на территорию по водосточным желобам и трубам через лоток на территорию.

Вертикальная связь между этажами жилого здания обеспечивается посредством лестничных клеток и лифтов.

Лестничная клетка – типа Л1. Лестничная клетка объединена с лифтовым холлом. Проход на лестничную клетку в уровне каждого этажа осуществляется из лестнично-лифтового холла через поэтажный коридор. В лестнично-лифтовом холле на каждом этаже предусмотрена пожаробезопасная зона 4 типа для МГН категории М2-М4.

Лестничная клетка имеет выход наружу (через двойной тамбур) на прилегающую к зданию территорию.

Входы в кабины предусмотрены с площадки на отметке минус 1,200 м (основной посадочный этаж), а также на каждом этаже.

Жилые квартиры располагаются на 1-10 этажах здания. В каждой квартире предусмотрены: общие комнаты, спальни (кроме 1-комнатных), прихожие, санузлы (совмещенные или отдельные), кухни. Входные двери в квартиры металлические.

Этажный коридор, на который выходят двери жилых квартир, не имеет оконных проемов. Расстояние от наиболее удаленной входной двери в квартиру до выхода на лестничную клетку не превышает 12м. Ширина этажного коридора не менее 1,5м; высота – в свету не менее 2м. В коридорах не размещается оборудование, выступающее из плоскости стен на высоте менее 2м.

Лоджии предусмотрены для каждой квартиры. Ограждение лоджий

комбинированное, выполнено из негорючих материалов: железобетонных экранов и металлического ограждения. Конструкция остекления лоджии: ленточное остекление.

В каждой квартире предусмотрен аварийный выход на лоджию. Выход из квартиры на лоджию является аварийным. На лоджии имеется глухой простенок между оконными проемами шириной не менее 1,6м, простенок выполнен из негорючих материалов (наружные бетонные стеновые панели), относится к классу пожарной опасности К0, панели здания окрашиваются фасадными водно-дисперсионными красками по грунтовому покрытию. Толщина нанесения красок на негорючее основание фасада здания – не менее 0,5мм.

Срок эффективной эксплуатации здания не менее 50 лет. Район строительства – I В климатический подрайон.

Снеговой район – IV.

Ветровой район – III.

В соответствии с требованиями ст. 4, п.1 Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ от 30.12.2009г. данный объект капитального строительства обладает следующими идентификационными признаками (таблица 1):

Таблица 1 - Идентификационные признаки строящегося жилого дома

| Параметр   | Значение       |
|--|----------------|
| Назначение   | Жилое здание   |
| Принадлежность к объектам транспортной инфраструктуры и к другим объектам, функционально-технические особенности которых влияют на их безопасность | Не принадлежит |



Продолжение таблицы 1

| Параметр   | Значение   |
|--|--|
| Возможность опасных природных процессов и явлений и техногенных воздействий на территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция и эксплуатация здания или сооружения | В соответствии с картой общего сейсмического районирования ОРС 97 изм. № 5 СНиП II-7-81, принят тип карты В, сейсмическая активность-6 баллов. Возможность опасных природных процессов, явлений и техногенных воздействий на территории, на которой будет осуществляться строительство и эксплуатация здания (по отчету об инженерно-геологических изысканиях) |
| Принадлежность к опасным производственным объектам   | Не принадлежит   |
| Пожарная и взрывопожарная опасность  | Класс конструктивной пожарной опасности здания - СО<br>Класс функциональной пожарной опасности жилого здания – Ф 1.3<br>Степень огнестойкости – III  |
| Наличие помещений с постоянным пребыванием людей   | Квартиры   |
| Уровень ответственности здания   | Нормальный   |

На рисунках 2-3 представлен внешний вид фасадов дома после окончания строительства.



Рисунок 2 - Внешний вид фасада дома в осях 1-6 после окончания строительства



Рисунок 3 - Внешний вид фасада дома в осях 6-1 после окончания строительства

Целью бакалаврской работы является разработка технических предложений по созданию энергоэффективной системы электроснабжения десятиэтажного жилого дома.

## **1 Система внутреннего электроснабжения и электроосвещения жилого дома**

Источником электроснабжения объекта является вновь устанавливаемая комплектная трансформаторная подстанция с двумя трансформаторами.

Класс напряжения электрической сети, к которому осуществляется подключение строящегося дома - 0,4 кВ.

Электроснабжение комплекса осуществляется в соответствии с требованиями ПУЭ «Правила устройства электроустановок, СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа», СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003».

«По степени обеспечения надежности электроснабжения электроприёмники комплекса относятся:

- к I категории – аварийное (эвакуационное) освещение, оборудование систем противопожарной защиты, лифты;
- ко II категории - остальные токоприёмники.

Для бесперебойного питания электроприемников I категории в электрощитовой проектируемого здания предусмотрена вводная панель с двумя взаимно резервирующими вводами, оборудованными межсекционными автоматическими выключателями.

Схема электроснабжения объекта принята в соответствии с основными определяющими факторами:

- требованиями технических регламентов, национальных стандартов и сводов правил;
- характеристиками источников питания и потребителей электроэнергии с учетом их расположения;
- требованиями к бесперебойности электроснабжения с учетом возможности обеспечения резервирования;
- требованиями к качеству электроэнергии;

- условиями окружающей среды;
- требованиями пожарной и экологической безопасности;
- требованиями к электробезопасности» [2].

### 1.1 Определение расчетных нагрузок по многоэтажному жилому дому

Расчет электрических нагрузок, выполнен в соответствии с требованиями СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа», СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003».

Основные технические показатели:

- категория электроснабжения - II;
- сеть среднего напряжения - 10 кВ;
- сеть низкого напряжения - 0,4/0,23 кВ;
- среднее значение  $\cos\varphi$  - 0,98;
- система электробезопасности - TN-C-S.

«При определении активной расчетной мощности жилого дома рассматриваются две группы электроприемников: ЭП квартир и силовые, к которым относятся электродвигатели лифтов и санитарно-технического оборудования.

Расчетная активная мощность квартир жилого дома  $P_{p.kв}$  определяется по удельной нагрузке на квартиру по формуле» [1]:

$$P_{p.kв} = p_{y.kв} \cdot n, \quad (1)$$

где «  $p_{y.kв}$  - удельная нагрузка на квартиру, кВт/квартиру;

$n$  - количество квартир» [1].

«Расчетная активная мощность силовых ЭП  $P_{p.c}$  определяется по коэффициенту спроса» [1]:

$$P_{p.c} = P_{p.l} + P_{p.ct} = K_{c.l} \sum_{i=1}^n P_{n.l_i} + K_{c.ct} \sum_{i=1}^k P_{n.ct_i}, \quad (2)$$

где « $P_{p.l}$ ,  $P_{p.ct}$  - расчетная мощность лифтовых и сантехнических установок;

$K_{c.l}$ ,  $K_{c.ct}$  - коэффициенты спроса лифтовых и сантехнических установок;

$P_{n.l_i}$ ,  $P_{n.ct_i}$  - номинальная мощность двигателя  $i$ -го лифта и  $i$ -го ЭП сантехнической установки соответственно» [1].

«Полная мощность квартир, лифтовых или сантехнических установок определяется по формуле» [1]:

$$S_{pi} = \frac{P_{pi}}{\cos \varphi_i}, \quad (3)$$

где « $S_{pi}$ ,  $P_{pi}$ ,  $\cos \varphi_i$  - полная, активная расчетная мощность и коэффициент мощности  $i$ -й группы ЭП» [1].

«Расчетная активная мощность на вводе жилого дома  $P_{p.ж.д}$  определяется по формуле» [1]:

$$P_{p.ж.д} = P_{p.кв} + 0,9P_{p.c}, \quad (4)$$

«Правила суммирования полных мощностей различных групп ЭП в нормативно-технических документах по проектированию городских сетей не определены» [1].

Результаты расчеты нагрузок приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Расчетные данные для ВРУ 1,2 (блок секции 1,2)

| Наименование группы электроприемников | Ко-л-во квартир.                                   | P <sub>уд.</sub> , кВт | K <sub>с</sub> | Расчетная мощность                             |                       | Примечание                            |   |
|---------------------------------------|--|------------------------|----------------|--|-----------------------|---------------------------------------|---|
|                                       |  |                        |                | (формула расчета)                              | P <sub>р.</sub> , кВт |                                       |   |
| Электроприемники квартир              | -  | -                      | -              | $P_{р.кв.} = n \times P_{уд.кв.}$              | -                     | СП256.1325<br>800.2016<br>таблица 7.1 |   |
| Всего по б/с (S<90 м.кв.)             | 80   | 1,6                    | -              | $P_{р.кв.} = 80 \times 1,6 = 128 \text{ кВт}$  | 128                   |                                       |   |
| Ввод №1                               | 40   | 1,95                   | -              | $P_{р.кв.} = 40 \times 1,95 = 78 \text{ кВт}$  | 78                    |                                       |   |
| Ввод №2                               | 40   | 1,95                   | -              | $P_{р.кв.} = 40 \times 1,95 = 78 \text{ кВт}$  | 78                    |                                       |   |
| Электроприемники 1 кат. эл. снабжения | -  | -                      | -              | -  | -                     | -                                     |   |
| Рабочий режим                         | -  | -                      | -              | -  | -                     | -                                     |   |
| - лифты                               | 2  | 2×9                    | 0,8            | $P_{р.лифт} = 2 \times 0,8 = 14,4 \text{ кВт}$ | 14,4                  | таблица 7.4                           |   |
| - эваку. и авар. осв.; осв. МО и шахт | -  | 6,0                    | 1              | $P_{р.авар.осв.} = 6,0 \text{ кВт}$            | 6,0                   |                                       |   |
| - блок питания ППС                    | -  | 1,0                    | 1              | $P_{р.ППС} = 1,0 \text{ кВт}$                  | 1,0                   | -                                     |   |
| При пожаре                            | -  | -                      | -              | -  | -                     | -                                     |   |
| - эваку. и авар. осв.; осв. МО и шахт | -  | 6,0                    | 1              | $P_{р.авар.осв.} = 2,0 \text{ кВт}$            | 6,0                   | -                                     |   |
| - блок питания ППС                    | -  | 1,0                    | 1              | $P_{р.ППС} = 1 \text{ кВт}$                    | 1,0                   | -                                     |   |
| Итого по 1 категории                  | -  | -                      | -              | -  | -                     | -                                     |   |
| а) в рабочем режиме                   | $P_{р} = P_{р.лифт} + P_{р.авар.осв.} + P_{р.ППС}$ |                        |                |  |                       | -                                     |   |
| -                                     | $P_{р} = 14,4 + 6,0 + 1 =$                         |                        |                |  |                       | 21,4                                  | - |
| б) при пожаре                         | $P_{р} = P_{р.авар.осв.} + P_{р.ППС}$              |                        |                |  |                       | -                                     |   |
| -                                     | $P_{р} = 6 + 1 =$                                  |                        |                |  |                       | 7,0                                   | - |
| Итого нагрузка по ВРУ 1, 2            | $P_{р} = P_{р.кв.} + 0,9 \times P_{р.лифт}$        |                        |                |  |                       | -                                     |   |
| -                                     | $P_{р} = 128 + 0,9(2 \times 9 \times 0,8) =$       |                        |                |  |                       | 141                                   | - |

Таблица 3 – Расчетные данные для ВРУ 3,4 (блок секции 3,4)

| Наименование группы электроприемников | Количество квартир.                              | P <sub>уд.</sub> , кВт | K <sub>с</sub> | Расчетная мощность                                |                       | Примечание                            |   |
|---------------------------------------|--|------------------------|----------------|---|-----------------------|---------------------------------------|---|
|                                       |  |                        |                | (формула расчета)                                 | P <sub>р.</sub> , кВт |                                       |   |
| Электроприемники квартир              | -  | -                      | -              | $P_{р.кв.} = n \times P_{уд.кв.}$                 | -                     | СП256.1325<br>800.2016<br>таблица 7.1 |   |
| Всего по б/с (S<90 м.кв.)             | 80   | 1,6                    | -              | $P_{р.кв.} = 80 \times 1,6 + 4 = 132 \text{ кВт}$ | 132                   |                                       |   |
| Ввод №1                               | 40   | 1,95                   | -              | $P_{р.кв.} = 40 \times 1,95 = 78 \text{ кВт}$     | 78                    |                                       |   |
| Ввод №2                               | 40   | 1,95                   | -              | $P_{р.кв.} = 40 \times 1,95 + 4 = 82 \text{ кВт}$ | 82                    |                                       |   |
| Насосная                              | 4  | -                      | -              | -   | -                     | -                                     |   |
| Электроприемники 1 кат. эл. снабжения | -  | -                      | -              | -   | -                     | -                                     |   |
| Рабочий режим                         | -  | -                      | -              | -   | -                     | -                                     |   |
| - лифты                               | 2  | 2×9                    | 0,8            | $P_{р.лифт} = 2 \times 0,8 = 14,4 \text{ кВт}$    | 14,4                  | таблица 7.4                           |   |
| - эваку. и авар. осв.; осв. МО и шахт | -  | 6,0                    | 1              | $P_{р.авар.осв.} = 6,0 \text{ кВт}$               | 6,0                   |                                       | - |
| - блок питания ППС                    | -  | 1,0                    | 1              | $P_{р.ППС} = 1,0 \text{ кВт}$                     | 1,0                   | -                                     |   |
| При пожаре                            | -  | -                      | -              | -   | -                     | -                                     |   |
| - эваку. и авар. осв.; осв. МО и шахт | -  | 6,0                    | 1              | $P_{р.авар.осв.} = 2,0 \text{ кВт}$               | 6,0                   | -                                     |   |
| - блок питания ППС                    | -  | 1,0                    | 1              | $P_{р.ППС} = 1 \text{ кВт}$                       | 1,0                   | -                                     |   |
| Итого по 1 категории                  | -  | -                      | -              | -   | -                     | -                                     |   |
| а) в рабочем режиме                   | $P_r = P_{р.лифт} + P_{р.авар.осв.} + P_{р.ППС}$ |                        |                |   |                       | -                                     |   |
| -                                     | $P_r = 14,4 + 6,0 + 1 =$                         |                        |                |   |                       | 21,4                                  | - |
| б) при пожаре                         | $P_r = P_{р.авар.осв.} + P_{р.ППС}$              |                        |                |   |                       | -                                     |   |
| -                                     | $P_r = 6 + 1 =$                                  |                        |                |   |                       | 7,0                                   | - |
| Итого нагрузка по ВРУ 3, 4            | $P_r = P_{р.кв.} + 0,9 \times P_{р.лифт}$        |                        |                |   |                       | -                                     |   |
| -                                     | $P_r = 128 + 0,9(14,4+4) =$                      |                        |                |   |                       | 145                                   | - |

Общий расчёт нагрузок жилого дома в рабочем режиме:

$$P_{р.кв} = 160 \times 1,41 = 226 \text{ кВт};$$

$$P_{р.лифты} = 0,7 \times (4 \times 9) = 25,2 \text{ кВт};$$

Итого по жилому дому: 160 квартир, 4 лифта  $\times$  9 кВт, хоз. пит. насосы.

Итого по жилому дому в рабочем режиме:  $P_p = 226 + (0,9 \times (25,2 + 4,0)) = 252$  кВт.

Противопожарные устройства для одной б/с:  $P_{пн} = 7$  кВт, в том числе:  
 $P_{пн} = 6,0$  кВт - аварийное освещение;

$P_{пн} = 1,0$  кВт - приборы ПС.

Суммарная расчетная мощность ж.д. на шинах проектируемой ТП-10/0,4кВ – 252 кВт.

В том числе:

- расчетная мощность жилых помещений - 226 кВт;
- расчетная мощность лифтовых установок - 25,2 кВт;
- расчетная мощность насосных - 4,0 кВт;
- учет электроэнергии на вводе счетчиками класса точности - 0,5S;
- учет электроэнергии у абонентов счетчиками класса точности - 1,0.

## **1.2 Надежность электроснабжения электроприемников жилого дома**

Степень обеспечения надежности электроснабжения многоэтажного здания регламентируется требованиями главы 1.2 ПУЭ «Правила устройства электроустановок» (издание 7) и СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа».

Требования к качеству электроэнергии регламентирует ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Качество поставляемой электроэнергии гарантируется поставщиком электроэнергии.



### **1.3 Обеспечение электроэнергией электроприемников и компенсация реактивной мощности**

Для ввода, учёта и распределения электроэнергии дома предусмотрены вводно- распределительные устройства с установкой:

- вводной панели типа ША8355-250-74УХЛ4 и распределительных типа ВРУ-1Д-400-215- УХЛ4 с автоматическим блоком управления освещением БАУО - потребителей жилых помещений;
- вводной панели типа ША8355-250-74УХЛ4 распределительного щита ПР11-3048 и ЩРН-48 (питание и управление БАУО).

Щкафы ВРУ установлены в электрощитовой в блок-секции 1, 3.  
«Основными потребителями электроэнергии являются:

- электроосвещение;
- технологическое оборудование;
- электрооборудование, включаемое в розеточные сети.

В вводных панелях ВРУ устанавливаются электронные счетчики активной энергии, учитывающие общее электропотребление квартир, мест общего пользования. Учет электроэнергии мест общего пользования осуществляется отдельным счетчиком в щите учета МОП (ШУ-1).

Запроектированы трехфазные счетчики электронные многотарифные трансформаторного включения типа «РиМ489.13» класса точности 1,0. Трансформаторы тока имеют класс точности 0,5S (п.1.5.16 ПУЭ). Коэффициенты трансформации рассчитаны с учетом требований п.1.5.17 ПУЭ.

Для электроснабжения квартир предусмотрены щитки этажные встраиваемого типа ЩЭ, в которых на каждую квартиру предусмотрены двухполюсные автоматические выключатели и электронный счётчик активной энергии типа «СЕ101 R5 1 145 din» имеющим класс точности 1,0 на вводе. На отходящих линиях установлены автоматические (освещение) выключатели и дифференциальные автоматические выключатели (розеточные группы) с

током утечки 30 мА» [3]. Согласно требованиям Статьи 82 Федерального закона №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», щиты этажные имеют конструкцию, исключаящую распространение горения за пределы щита.

«В кухнях квартир приняты розетки к установке электрических плит.

Распределительные и групповые сети предусмотрены пятипроводными, а однофазные - трехпроводными с разделением нулевого защитного (РЕ) и нулевого рабочего (N) проводников на всем их протяжении» [4].

«В соответствии с приказом Минэнерго РФ от 23 июня 2015 года №380 «О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии», для данной категории потребителей электрической энергии коэффициент мощности в точке присоединения должен быть не выше 0,35 ( $\text{tg } \varphi_k \leq 0,35$ ). Компенсации реактивной мощности не требуется» [6].

«В РУ-0,4 кВ и электрощитовых предусмотрены:

- защита сборных шин предохранителями вводных панелей;
- защита отходящих линий автоматическими выключателями.

Целью экономии электрической энергии является снижение нагрузок генераторов, трансформаторов и электрических сетей» [5].

В соответствии с Федеральным законом от 18.11.2009 г. №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» принятые в данном подразделе технические решения обеспечивают экономию электроэнергии за счет:

- «управления освещением: по месту, с применением включения освещения через фотореле и фотодатчики;
- расчет оптимальных сечений питающих сетей и выбор кратчайших трасс для них, что обеспечивает минимальные потери напряжения в сети» [8].

## 1.4 Мероприятия по заземлению (занулению) и молниезащите

Для обеспечения безопасной эксплуатации электропотребителей предусмотрено устройство защитного заземления и зануления. Защитное заземление и зануление спроектировано в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50571.5.54-2013/МЭК 60364-5-54:2011 ««Электроустановки низковольтные». Часть 5-54. «Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов»», А10-93 «Защитное заземление и зануление электроустановок», ПУЭ, изд. 6,7 «Правила устройства электроустановок». Сопротивление заземляющего устройства КТП, ВРУ не более 4 Ом.

Защита от поражения электрическим током предусмотрена присоединением всех корпусов электроприемников в трехфазной сети пятым, а в однофазной сети - третьим защитным проводом к главной заземляющей шине ГЗШ - отдельно установленная, которая присоединяется к заземляющему устройству.

Заземляющие проводники соединяются с ГЗШ разъёмным соединением.

«На вводе в здание спроектирована основная система уравнивания потенциалов согласно п. 7.1.82 ПУЭ. В ванных комнатах предусмотрено устройство дополнительной системы уравнивания потенциалов с подключением открытых сторонних проводящих частей к шине дополнительного уравнивания потенциалов (ШДУП), которая, в свою очередь, соединена с РЕ- шиной квартирного щитка» [7].

Схемы основной и дополнительной систем уравнивания потенциалов представлены на рисунке 4.

На рисунке 5 приведен план сетей системы уравнивания потенциалов на техническом этаже здания.

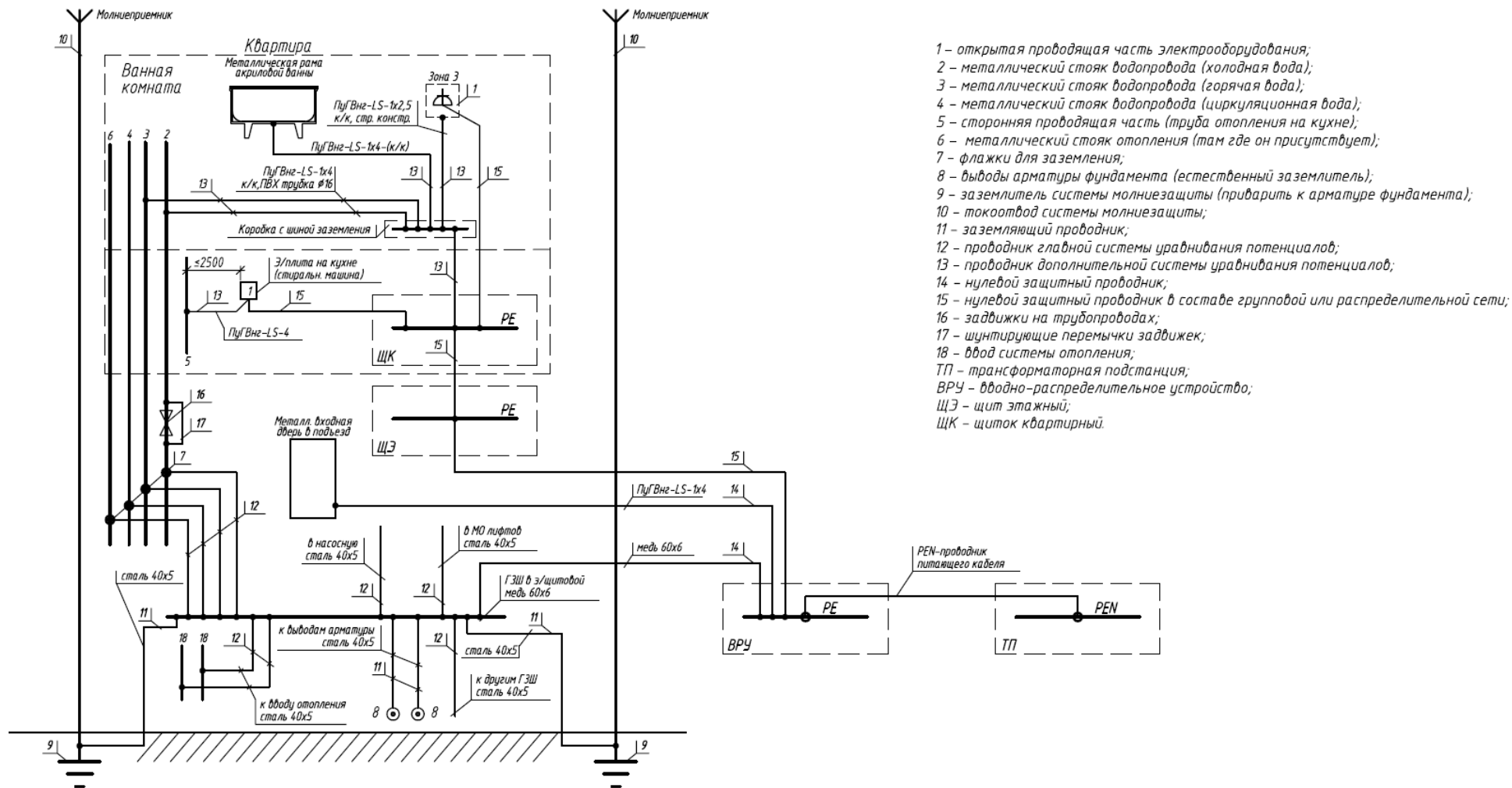


Рисунок 4 - Схемы основной и дополнительной систем уравнивания потенциалов

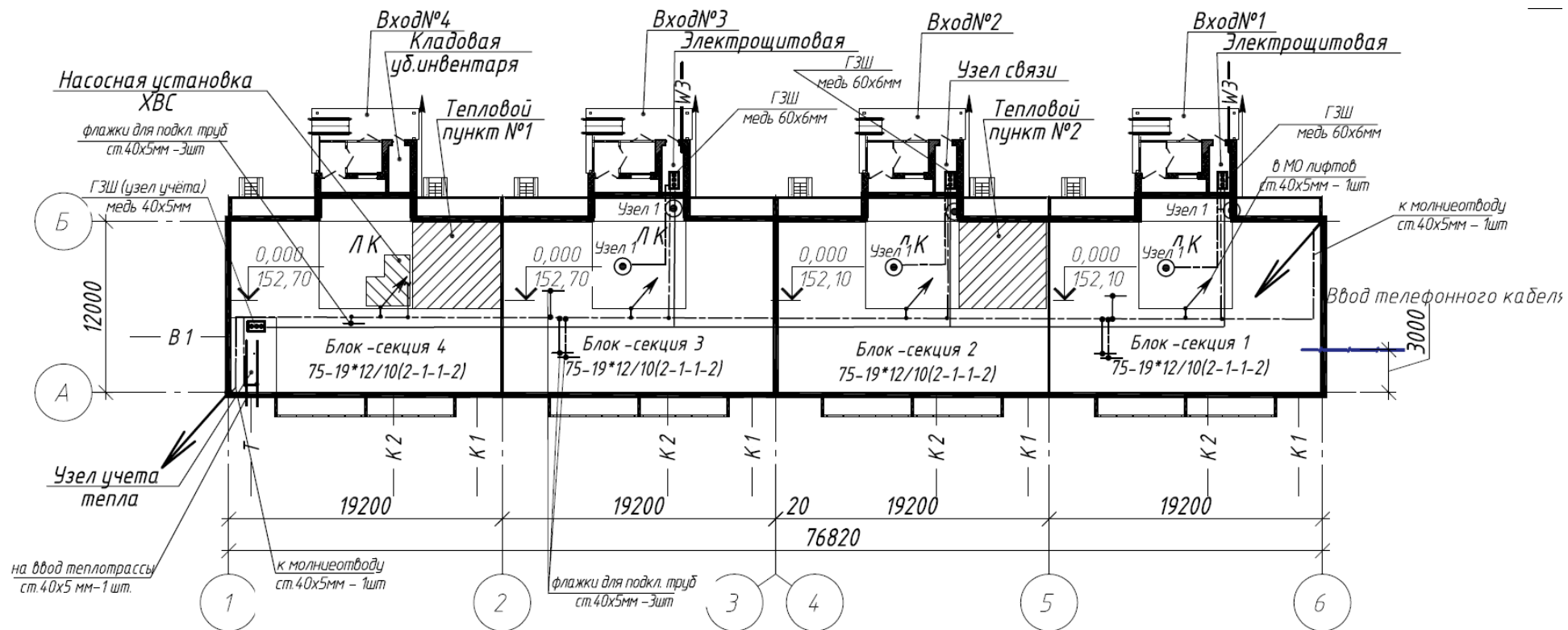


Рисунок 5 - План сетей системы уравнивания потенциалов на техническом этаже здания

Молниезащита зданий запроектирована в соответствии с требованиями РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений». «Уровень защиты от прямых ударов молнии (ПУМ) - III, надёжность защиты - 0,90. Запроектирована установка пассивной молниеприёмной сетки из стали 10 мм, которая укладывается по кровле на кронштейнах с шагом не более 5×5 м. Токоотводы предусмотрены не реже, чем через 20 м» [9]. Все выступающие неметаллические элементы кровли оборудовать дополнительными молниеприёмными сетками, присоединенные к основной молниеприёмной сетке (рисунок 6). Используются естественные заземлители (арматура ж/б фундамента здания).

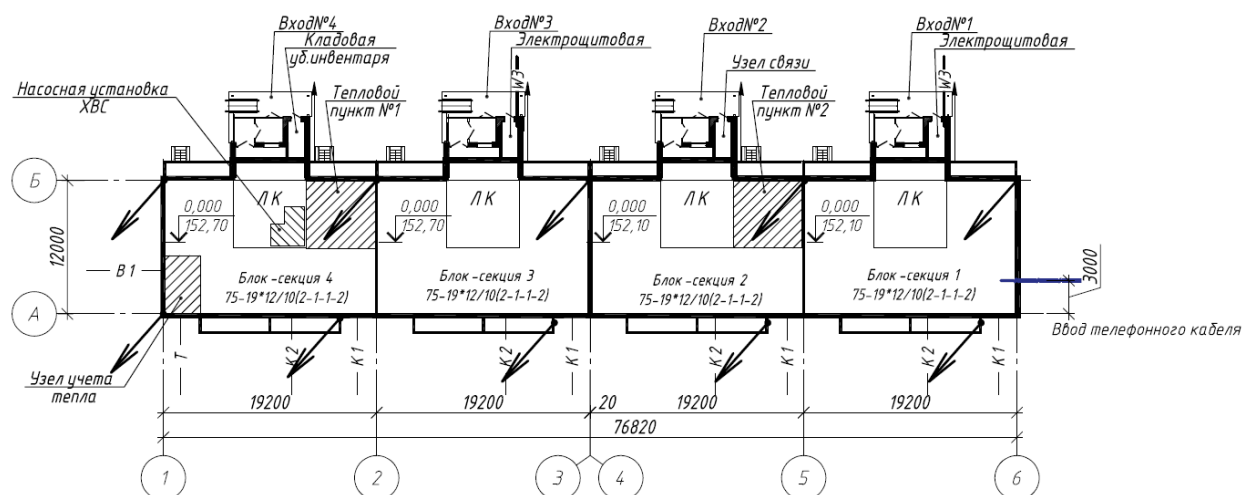


Рисунок 6 – План молниезащиты здания

«Предусмотрены следующие мероприятия по электробезопасности:

- зануление всех металлических нетоковедущих частей электрооборудования» [10]. Согласно ГОСТ Р 50571.5.54-2013 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов» п. 542.4.1 в установке предусмотрена главная заземляющая шина;
- «присоединением всех корпусов электроприемников в трехфазной сети пятым, а в однофазной сети - третьим изолированным

- проводником к главной заземляющей шине;
- главная заземляющая шина в двух местах присоединяется на сварке к заземляющему устройству;
- установка УЗО с дифференциальным отключающим током 30 мА для защиты групповых линий, питающих штепсельные розетки» [11].

«Предусмотрены следующие мероприятия по энергосбережению:

- прокладка трассы с учетом минимальной протяженности,
- выполнение распределительной сети кабелями с медными жилами,
- использование прогрессивных источников света с светодиодными лампами, равномерная загрузка фаз.

Для защиты проектируемых зданий от заноса высоких потенциалов по подземным металлическим коммуникациям и кабелям, запроектировано присоединение труб, брони и алюминиевых оболочек кабелей на вводах в здания к наружному защитному заземляющему устройству электроустановок» [13].

### **1.5 Выбор типа, класса проводников для групповых и распределительных сетей**

«Внутренние распределительные и групповые сети 0,4 кВ жилой части здания в соответствии с требованиями Глав 2.1, 7.1 ПУЭ спроектированы кабелями с медными жилами: марки «нг(А)-LS» (показатель пожарной опасности ПРГП1). Линии питания аварийного (эвакуационного) освещения и систем противопожарной защиты запроектированы кабелями марки «нг(А)-FRLS» (показатель пожарной опасности ПРГП1)» [12]. Спроектированные кабели соответствуют требованиям ГОСТ 31565-2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности». «Сечение кабелей предусмотрено с проверкой на потерю напряжения и на срабатывание аппаратов защиты при однофазном коротком замыкании в конце линии» [14].

Монтаж в щитовом оборудовании выполняется монтажными проводами в соответствии с требованием ГОСТ 31947-2012 «Провода и кабели для электрических установок на номинальное напряжение до 450/750 В включительно. Общие технические требования» [15].

«Сечение кабельных линий, питающих силовые распределительные щиты, запроектировано из условий длительно допустимой токовой нагрузки, допустимых потерь напряжения и допустимого времени срабатывания аппаратов защиты при однофазном коротком замыкании. Питающие линии предусмотрены пятипроводными, групповые линии - трехпроводными (однофазные)» [16].

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

- по номинальному напряжению» [19]

$$U_n \geq U_{нс}; \quad (5)$$

- «по номинальному току» [19]

$$I_{нр} \geq I_{ра}; \quad (6)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [4]:

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)}, \quad (7)$$

где « $I_{КЗ}^{(3)}$  – периодическая составляющая трехфазного тока КЗ» [4].

«Выбор исполнения расцепителей максимального тока. Если в соответствии с ПУЭ требуется защита от перегрузки и эта защита не обеспечивается другими устройствами, то автоматические выключатели



должны иметь расцепители максимального тока с обратной зависимой от тока характеристикой [21].

Любой аппарат защиты необходимо отстроить от токов перегрузки, свойственных нормальной эксплуатации.

Определяют ток уставки расцепителя с независимой от тока характеристикой» [4]:

$$k_{pn} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск},, \quad (8)$$

где « $I_y$  – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$  – пусковой ток двигателя;

$k_{pn}$  – коэффициент разброса защитной характеристики, определяемый для нижней границы;

$k_n$  - принимается равным 1,1 - 1,5» [4].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [4]:

$$t_i > t_{ni},, \quad (9)$$

где « $t_i$  – время срабатывания расцепителя с обратной зависимой от тока характеристикой;

$t_{ni}$  – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [4].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [4]

$$t_{cp} > t_{дон},, \quad (10)$$

где « $t_{cp}$  – время срабатывания расцепителя;

$t_{доп}$  – допустимое время отключения в соответствии с ПУЭ» [4].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [20]:

$$I_{ра} \leq I_{нр} \leq I_{доп}, \quad (11)$$

$$I_2 \leq 1,45 I_{доп}, \quad (12)$$

где « $I_{ра}$  – расчетный ток цепи послеаварийного режима работы;

$I_{нр}$  – номинальный ток расцепителя;

$I_{доп}$  – допустимый ток кабеля;

$I_2$  – ток, обеспечивающий надежное срабатывания устройств защиты» [4].

«При выполнении защиты от перегрузок и КЗ следует также выполнять требования 3.1.11 ПУЭ в части согласованности проводников и защитных устройств.

Проверка на селективность. В соответствии с ПУЭ защита в низковольтных сетях должна быть селективной» [4].

Кабельные сети противопожарных систем предусмотрены в составе сертифицированной огнестойкой кабельной линии (ОКЛ), согласно ГОСТ Р53316-2009 «Кабельные линии. Сохранение работоспособности при пожаре» и ГОСТ 60331-21-2011 «Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Сохранение работоспособности». Сети систем противопожарной защиты выполнены в тяжёлых гофротрбах из ПВХ.

Горизонтальные и вертикальные каналы для прокладки электрических кабелей и проводов предусмотрены с защитой от распространения пожара. В местах прохождения кабелей и проводов через строительные конструкции с

нормируемым пределом огнестойкости предусмотрены сертифицированные огнезащитные плиты Rockwool и герметик «ОГНЕЗА-ГТ» с пределом огнестойкости IET240 (ГОСТ53310).

Прокладка распределительных кабельных сетей в техподполье предусмотрена в гладких жестких трубах.

Распределительные сети лифтов, аварийного и эвакуационного освещения, систем противопожарной защиты запроектированы в отдельной специальной штрабе в электропанелях.

«Проходы кабелей через стены и перекрытия здания выполняются в трубах из самозатухающего ПВХ.

Изнутри трубы для прокладки кабелей через строительные конструкции здания подлежат герметизации специальными негорючими уплотнителями.

Групповые линии, к светильникам наружного освещения, установленных на фасаде здания, выполняются кабелем ВВГнг(А)-LS с медными жилами. Кабели прокладываются в металлических трубах по наружной стене, внутри здания в негорючей гофрированной трубе за облицовкой стен.

Сети наружного освещения к опорам выполняются кабелем АВБШв 5×6 мм<sup>2</sup> - 1 кВ в земле, с защитой при пересечении с инженерными коммуникациями и автомобильными дорогами ПНД трубой диаметром 110 мм.

Класс защиты и исполнение оборудования и осветительной арматуры соответствуют условиям окружающей среды с учетом требований пожарной безопасности и Глав 6.6, 7.1 ПУЭ изд.6, 7» [1].

## **1.6 Система рабочего и аварийного освещения жилого дома**

Принятые технические решения по внутреннему, наружному электроосвещению проектируемого объекта соответствуют требованиям:

- СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95»;
- СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа»;
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных пунктов. Гигиенические требования к естественному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»;
- ПУЭ изд. 6, 7;
- ГОСТ Р 55842-2013 «Освещение аварийное».

«Напряжение сети общего рабочего и аварийного электроосвещения 380/220В, у светильников - 220 В, у переносных светильников (ремонтного освещения) - 24В через понижающие трансформаторы. Питание общего рабочего освещения предусмотрено от блока автоматического управления освещения вводно-распределительной сборки» [21].

Электропитание светильников эвакуационного освещения спроектировано от БАУО (ЩРН 48) - (через АВР) для потребителей I категории по надежности электроснабжения.

Для освещения основных площадок, лестниц, коридоров, лифтового холла приняты светильники НПП1301 мощностью 60 Вт. В помещениях машинных отделений лифтов приняты галогенные лампы накаливания мощностью 95 Вт с цоколем E27.

К сети аварийного освещения подключены световые указатели мест расположения наружных пожарных гидрантов, а также номерных знаков в соответствии с требованием п.4.8 СП 256.1325800.2016 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий».

Предусмотрено эвакуационное освещение постоянного действия, включенное одновременно с осветительными приборами рабочего освещения, согласно п.7.113 СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Управление принято автоматическое на базе фотореле.

«Резервирование электроэнергии осуществляется следующим образом:

- вводные устройства проектируемых объектов запитываются от РУ-0,4 кВ;
- электроприемники I и II категорий по надежности электроснабжения запитываются от вводных устройств двумя взаимно резервирующими кабелями;
- щиты или станции управления электроприемниками I и II категорий по надежности электроснабжения оборудованы устройствами АВР» [2].

Наружное электроосвещение наружной территории предусматривается установка металлических опор типа ОТГПф квадратного сечения 100×100мм высотой 4м со встроенными светодиодными светильниками мощностью 55Вт.

Номинальная электрическая нагрузка принята  $P_n=1,05$  кВт.

Для питания светильников освещения придомовой территории предусмотрен кабель типа АВБбШв 5×6 мм<sup>2</sup>, прокладываемый в траншее с подсыпкой песка толщиной 300 мм. Кабели на всем протяжении в траншее защищены от механических повреждений трубой. Проходы кабелей через стены выполнить через отрезки неметаллических труб.

Концы труб должны выступать из стены здания в траншею, а при наличии отмостки за линию последней не менее чем на 0,6 м и иметь уклон в сторону траншеи.

Ответвление от распределительных линий к светильникам выполняется по 3-х проводной схеме. В цепи питания предусматривается установка автоматического выключателя АД -14, 4Р 10А «В». Подключение светильников выполняется медным гибким кабелем ВВГ-3×1,5 кв.мм.

Управление и питание светильников наружного освещения придомовой территории предусмотрено от ВРУ 3 жилого здания.

На рисунке 7 приведена схема электроснабжения наружного освещения от ВРУ 3.

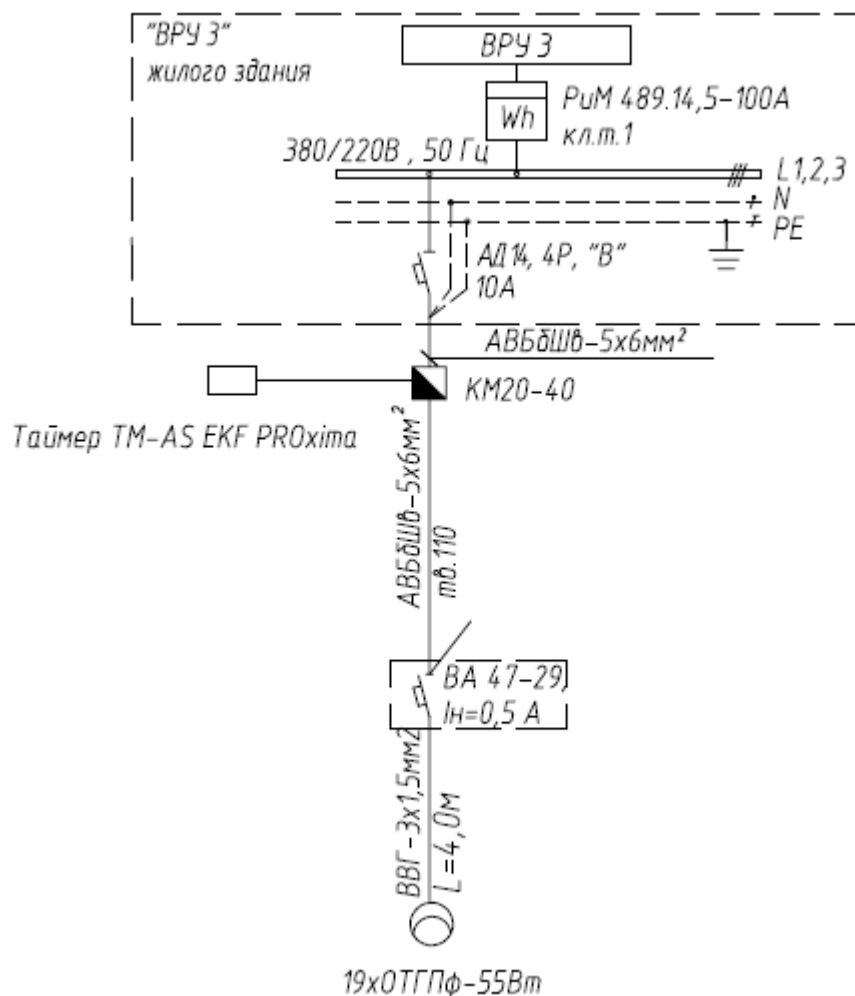


Рисунок 7 - Схема электроснабжения наружного освещения от ВРУ 3

Сечение кабеля сети наружного освещения выбрано в соответствии с ПУЭ по условиям допустимого нагрева и потерь напряжения.

Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования [14].

«Индекс помещения  $i$  определяется по выражению» [3]:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (13)$$

где « $A$  и  $B$  - длина и ширина помещения;

$h_p$  - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [3].

«По справочным данным принимаются значения коэффициентов запаса и использования светового потока.

Определяется расчетное число светильников по формуле» [17]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot \eta}, \quad (14)$$

где « $N$  - число светильников;

$n$  - число ламп в светильнике;

$\Phi_l$  - световой поток лампы;

$\eta$  - коэффициент использования;

$k$  - коэффициент запаса;

$S$  - площадь помещения» [4].

«Значение  $N$  округляется до ближайшего целого числа  $N_p$ .

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [3]:

$$P_{n\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{nl}, \quad (15)$$

где « $P_{nl}$  - мощность одной лампы» [13].

Для защиты при косвенном прикосновении оболочка и броня питающих кабелей, опоры наружного освещения и щитки, встраиваемые в опору наружного освещения должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания медным многожильным проводом марки МГ сечением 6 кв.мм.

Аппараты защиты проверены на отключающую способность при однофазном КЗ, время отключения соответствует требованиям ПУЭ. Строительная длина сетей электроснабжения составляет 385м.

Строительная длина силового кабеля АВБбШв-5×6 мм<sup>2</sup> составляет 475м.

Выводы по разделу.

«Для бесперебойного питания электроприемников I категории в

электрощитовой проектируемого здания предусмотрена вводная панель с двумя взаимно резервирующими вводами, оборудованными межсекционными автоматическими выключателями» [3].

Выполнен расчет ожидаемых электрических нагрузок от жилых квартир и инженерного оборудования жилого дома. Суммарная расчетная мощность жилого дома на шинах проектируемой ТП-10/0,4кВ составила 252 кВт.

«Для ввода, учёта и распределения электроэнергии дома предусмотрены вводно- распределительные устройства с установкой:

- вводной панели типа ША8355-250-74УХЛ4 и распределительных типа ВРУ-1Д-400-215- УХЛ4 с автоматическим блоком управления освещением БАУО - потребителей жилых помещений» [7];
- вводной панели типа ША8355-250-74УХЛ4 распределительного щита ПР11-3048 и ЩРН-48 (питание и управление БАУО).

«Для электроснабжения квартир предусмотрены щитки этажные встраиваемого типа ЩЭ, в которых на каждую квартиру предусмотрены двухполюсные автоматические выключатели и электронный счётчик активной энергии типа «СЕ101» имеющим класс точности 1,0 на вводе. На отходящих линиях установлены автоматические выключатели (освещение) и дифавтоматы (розеточные группы) с током утечки 30 мА.

Распределительные и групповые сети предусмотрены пятипроводными, а однофазные - трехпроводными с разделением нулевого защитного (РЕ) и нулевого рабочего (N) проводников на всем их протяжении.

Внутренние распределительные и групповые сети 0,4 кВ жилой части здания выполнены кабелями с медными жилами марки ВВГнг(А)- LS» [6], в сетях аварийного освещения кабелями марки «нг(А)-FRLS».

Сети наружного освещения к опорам выполняются кабелем АВБШв 5×6 мм<sup>2</sup> в земле, с защитой при пересечении с инженерными коммуникациями и автомобильными дорогами. Для электроосвещения наружной территории предусматривается установка металлических опор типа ОТГПф высотой 4м со встроенными светодиодными светильниками мощностью 55Вт.



## **2 Повышение энергетической эффективности инженерных сетей жилого дома**

### **2.1 Инженерные системы жилого дома и потребители энергетических ресурсов**

Потребителем энергетических ресурсов является жилой дом.

Системы теплопотребления – отопление и горячее водоснабжение.

Теплоснабжение осуществляется от наружной теплосети с параметрами теплоносителя 150-70 °С со срезкой на 125°С при  $t_n$  - минус 27°С.

Присоединение систем отопления жилого дома к тепловым сетям осуществляется по независимой схеме. Теплоносителем в системах отопления является вода с параметрами 95-65°С.

Отопление жилого дома решено отдельными системами для каждой блок-секции с установкой одного теплового узла и узла учета тепла на вводе тепловой сети в здание. «Тепловой узел предусматривается для подключения систем отопления по независимой схеме и горячего водоснабжения по закрытой схеме» [9].

Системы отопления жилого дома приняты однотрубными с нижней разводкой и с попутным движением теплоносителя. Прокладка подающих трубопроводов предусматривается по техподполью, обратных - по теплomu чердаку.

Расчетная температура в неэксплуатируемом техподполье поддерживается за счет теплоотдачи от изолированных магистральных трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения, от теплопоступлений через пол 1-го этажа, а также ограничения притока наружного воздуха в зимний период года.

В машинном помещении лифтов положительная температура поддерживается за счет теплопоступлений от внутренней стены со стороны лестничной клетки, от пола и от работающего электродвигателя лифта. В

летний период для обеспечения температуры не более плюс 40°С предусматривается естественная вентиляция, рассчитанная на разбавление теплоступлений от работающего электродвигателя лифта.

Системы водопотребления – хозяйственно-питьевой водопровод жилого дома (В1).

Снабжение жилого дома хозяйственно-питьевым водопроводом предусматривается централизованно от внешних сетей путем устройства ввода в техподполье блок-секции №4 с отметкой минус 2,47 м. Диаметр ввода принят 110 мм с учетом расхода и рекомендуемой скорости движения воды.

Внутренняя система В1 запроектирована тупиковой, с нижней разводкой магистралей, прокладываемых открыто под потолком техподполья.

Системы электропотребления – электрическое освещение, розеточная сеть.

По степени обеспечения надежности электроснабжения жилой дом относится к следующим категориям: лифты, противопожарные устройства, эвакуационное освещение – потребители I категории, остальные электроприемники – II категории.

Источником электроснабжения жилого дома является РУ-0,4 кВ КТП-10/0,4 кВ.

## **2.2 Мероприятия по резервированию электроэнергии и обеспечению требуемой надежности электроснабжения**

«Дополнительных источников электроэнергии для электроснабжения проектируемых объектов не требуется.

Резервирование электроэнергии осуществляется следующим образом:

- вводные устройства проектируемых объектов запитываются от РУ-0,4 кВ;

- электроприемники I и II категорий по надежности электроснабжения запитываются от вводных устройств двумя взаимно резервирующими кабелями;
- щиты или станции управления электроприемниками I и II категорий по надежности электроснабжения оборудованы устройствами АВР.

Источником электроснабжения объекта является РУ-0,4 кВ КТП- 10/0,4 кВ.

Для электроснабжения объекта с разных секций РУ-0,4кВ КТП-10/0,4 кВ до проектируемых ВРУ здания прокладываются: взаиморезервируемые кабельные линии кабелем марки АВБШв-1 кВ с защитой при пересечении с инженерными коммуникациями и автомобильными дорогами ПНД трубой диаметром 110 мм» [15]. Взаиморезервируемые кабельные линии прокладываются в разных земляных траншеях (расстояние между траншеями - 1м), на глубине 0,7 м от проектируемой отметки земли и на 1,0 м под проезжей частью.

«Сечение питающих кабелей для каждого ввода ВРУ предусмотрены с учетом взаимного резервирования вводов в аварийном режиме.

Расстояния между кабелями, прокладываемыми в одной траншее, пересечений соответствуют требованиям п.2.3.86 ПУЭ по защите кабелей от КЗ.

Прокладка взаиморезервируемых кабельных линий выполняется в соответствии с требованием Технического циркуляра Ассоциация «Росэлектромонтаж» № 16/2007 от 13.09.2007г. «О прокладке взаиморезервирующих кабелей в траншеях» и требований Главы 2.3 ПУЭ» [1].

От ввода кабелей в здание до щита ВРУ питающие кабели прокладываются в металлических трубах, обладающих локализационной способностью, согласно п.4.6 СП 6.13130-2013.

«Для питания силовых электроприемников принято напряжение 0,4/0,23 кВ. Распределение электроэнергии осуществляется от распределительных панелей типа ВРУ и от этажных щитов ЩЭ. Для

размещения вводных и распределительных панелей и распределительных шкафов предусмотрены помещения» [6] электрощитовых на первых этажах дома в блок-секций 1,3.

«Для ввода, учёта и распределения электроэнергии дома предусмотрены вводно- распределительные устройства с установкой:

- вводных панелей типа ША 8355-400-74 и распределительных типа ВРУ-1Д-400-228 с автоматическим блоком управления освещением БАУО - потребителей жилых помещений;
- вводных панели типа ША 8355-400-74 и распределительных типа ВРУ-1Д-250-219- УХЛ4 для потребителей I категории МОП и СПЗ.

Основными потребителями электроэнергии являются:

- электроосвещение;
- технологическое оборудование;
- электрооборудование, включаемое в розеточные сети;
- вентиляционное оборудование.

Для электроснабжения квартир предусмотрены щитки этажные встраиваемого типа ЩЭ, в которых на каждую квартиру предусмотрены двухполюсные автоматические выключатели и электронный многотарифный счётчик активной энергии типа «СОЭБ-1П» имеющий класс точности 1,0 на вводе. На отходящих линиях установлены автоматические (освещение) выключатели и дифференциальные автоматические выключатели (розеточные группы) с током утечки 30 мА» [7]. Согласно требованиям Статьи 82 Федерального закона №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», щиты этажные имеют конструкцию, исключающую распространение горения за пределы щита.

«В кухнях квартир приняты розетки к установке электрических плит.

Распределительные и групповые сети предусмотрены пятипроводными, а однофазные - трехпроводными с разделением нулевого защитного (РЕ) и нулевого рабочего (N) проводников на всем их протяжении» [9].

## 2.3 Показатели энергетической эффективности жилого дома и требования к ее достижению

К показателям энергетической эффективности здания жилого дома относится показатель удельного годового расхода энергетических ресурсов на отопление и вентиляцию.

«Основными показателями, характеризующими удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого дома, являются:

- теплозащитные свойства ограждающих конструкций;
- объемно-планировочные решения» [10];
- ориентация здания;
- эффективность и метод регулирования системы отопления;
- принятая система вентиляции;
- применение энергосберегающих технологий.

Выше перечисленные показатели должны быть определены таким образом, чтобы величина удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого дома была меньше нормируемой величины.

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого дома определяется на основании расчета энергетического паспорта и принимается равным  $q^p = 68 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$ .

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания жилого дома определяется согласно [3, 4] и равняется  $q^{mp}_{от} = 106 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$ .

Для оценки достигнутой в проекте здания потребности энергии на отопление и вентиляцию устанавливаются классы энергосбережения в % отклонения расчетного удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой величины.

Для вновь возводимых зданий величина отклонения не должна превышать +5%.

Для оценки достигнутой в проекте здания жилого дома потребности энергии на отопление и вентиляцию устанавливаются классы энергосбережения в % отклонения расчетного удельного расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой величины согласно [3].

Для вновь возводимых зданий устанавливаются классы «А, В, С».

Дополнительные требования на законодательном уровне по повышению энергоэффективности отсутствуют.

Класс энергетической эффективности здания жилого дома принимается В «высокий».

Вводимое в эксплуатацию здание жилого дома в процессе эксплуатации должно быть оборудовано:

- приборами учета энергетических ресурсов (тепловой энергии, электрической энергии, воды);
- средствами регулирования теплоотдачи на приборах отопления;
- автоматизированными тепловыми пунктами;
- разводящие трубопроводы систем отопления, горячего водоснабжения должны быть теплоизолированы;
- автоматизированные балансировочные клапаны на стояках систем отопления;
- приводы насосов с частотным регулированием;
- «энергосберегающими осветительными приборами в местах общего пользования;
- дверными доводчиками;
- ограничителями открывания окон» [12];
- оборудования с энергоэффективным КПД.

Требования энергетической эффективности здания жилого дома подлежат пересмотру не реже чем один раз в пять лет в целях повышения энергетической эффективности здания.

Срок, в течение которого выполнение требований расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию обеспечивается застройщиком, должен составлять не менее пяти лет с момента ввода их в эксплуатацию.

#### **2.4 Технические требования и мероприятия по достижению энергетической эффективности**

При проектировании, строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и в процессе эксплуатации используются архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения, обеспечивающие установленный уровень энергетической эффективности здания жилого дома.

К первоочередным требованиям относятся:

- установка оборудования, обеспечивающего в системе теплоснабжения здания поддержания гидравлического режима, автоматическое регулирование потребления тепловой энергии в системах отопления и вентиляции в зависимости от изменения температуры наружного воздуха, приготовление горячей воды и поддержание заданной температуры в системе горячего водоснабжения;
- оборудование отопительных приборов автоматическими терморегуляторами для регулирования потребления тепловой энергии в зависимости от температуры воздуха в помещениях.

В части использования устройств и технологий здание должно отвечать следующим требованиям:

- оборудование регуляторами давления воды в системах холодного и горячего водоснабжения;
- установка оборудования, обеспечивающего выключения освещения при отсутствии людей в местах общего пользования;

- оборудование оконных конструкций элементами фурнитуры с функцией микровентиляции воздуха в помещения [18];
- установка автоматических балансировочных клапанов на стояках системы отопления;
- оборудование электродвигателей насосов с частотным приводом;
- для уменьшения теплотерь здания в системах отопления и водоснабжения применяется эффективная теплоизоляция;
- ограждающие конструкции здания должны обладать необходимой прочностью, жесткостью, устойчивостью, долговечностью. Здание герметичное;
- материалы для ограждающих конструкций имеют надлежащую стойкость (морозостойкость, влагостойкость, стойкость против коррозии, высокой температуры и других разрушающих воздействий окружающей среды). Материалы для ограждающих конструкций сертифицированы;
- для уменьшения теплотерь здания применяться эффективная теплоизоляция.

Организационно-технологические мероприятия по минимизации энергетических потерь могут предусматривать:

- обеспечение своевременного текущего ремонта по устранению протечек;
- производить гидравлическую балансировку систем отопления, водоснабжения;
- погодозависимое автоматическое регулирование параметров теплоносителя системы отопления (контролировать работу тепловых узлов, не должны быть переведены в ручной режим управления);
- обеспечение оптимальных режимов работы оборудования тепловых пунктов в целях снижения всех видов используемых ресурсов (водных, тепловых, энергетических);



- своевременно проводить работы по восстановлению теплоизоляции трубопровода и оборудования;
- установку современной водоразборной и наполнительной арматуры, обеспечивающей сокращение расхода питьевой воды (водоразборной арматуры с керамическими уплотнениями, смесителей с одной рукояткой, термостатических смесителей, полуавтоматической и автоматической арматуры);
- выполнение комплекса мероприятий по регулированию давления воды в системах водоснабжения жилых зданий путем установки балансировочных кранов и их регулировки в процессе пусконаладочных работ;
- для снижения тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции (стены) необходимо обеспечить герметизацию межпанельных швов.

Конструкция стыка наружных стеновых панелей должна обеспечивать: водонепроницаемость, заданную воздухопроницаемость стыка не более  $0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , теплоизолирующую способность, температурно-влажностный режим согласно СП 50.13330.2012. При всех тепловлажностных режимах помещений, конструкция стыка наружных стеновых панелей должна обеспечивать отсутствие конденсата, влаги, плесени. Работы по уплотнению и герметизации стыков наружных стеновых панелей должны производиться при температуре не ниже  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ , при отсутствии дождя, снега, тумана.

Для швов между панелями предусмотрено три степени защиты:

- Первая степень защиты. С наружной стороны герметизация обеспечивается установкой упругой прокладки «Вилатерм-СМ». В устье стыка панелей на очищенную и просушенную поверхность устанавливают упругую прокладку «Вилатерм-СМ» ТУ 2291-009-03989419-2006. Поперечное обжатие прокладки в стыке должно быть в пределах 20-50 %. Установка прокладки должна выполняться без разрывов на всю длину стыка. Нарращивают прокладки по длине на

расстоянии не менее 500 мм от мест пересечения горизонтальных и вертикальных стыков. Соединение прокладки по длине производят «в ус». Допускается установка прокладки в два ряда без перекручивания. Прокладки нельзя растягивать при установке. Далее на прокладку и грани панелей ровным слоем толщиной не менее 5 мм без разрывов и наплывов наносят герметизирующую мастику. При большом раскрытии стыка герметик наносится в несколько приемов, после укладки разравнивают.

- Вторая степень защиты. Теплоизоляция швов обеспечена термовкладышем из пенополистирольных плит.
- Третья степень защиты. Стыки стен замоноличиваются с заполнением колодца вертикального стыка бетоном класса по прочности В15 и керамзитобетоном класса по прочности В15 марки по средней плотности D1600, приготовленным на заполнителе мелкой фракции с модулем крупности не более 10 мм. Заполнение колодцев производится на всю глубину стыка с тщательным виброуплотнением.

В процессе эксплуатации здания необходимо следить за состоянием наружного слоя, при нарушении водо- и воздухоизоляции ограждающих конструкций необходимо обеспечить их герметизацию.

Для защиты от капиллярного воздействия подземных вод предусмотрена вертикальная гидроизоляция конструкций, контактирующих с грунтом, обмазкой мастикой «Техномаст» (ТУ 5775-018-17925162-2004) за 2 раза по огрунтовке разжиженной мастикой и горизонтальная - в уровне верха ростверка из ЦПР состава 1:2 толщиной 20 мм. Под кирпичные перегородки в техподполье в уровне верха ростверка гидроизоляция предусмотрена из полосы «Унифлекс» марки ЭПП (шириной 200 мм) ТУ 5775 – 011 – 17925162-2003.

По периметру жилого здания предусмотрено устройство монолитной бетонной отмостки с утеплением шириной 1200 мм с покрытием

асфальтобетоном толщиной 40 мм. Стык между зданием и отмосткой заполняется горячим битумом.

Выводы по разделу.

Принятые объемно-планировочные решения здания, конструктивные решения ограждений и решения инженерных систем позволили выдержать величину удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания ниже нормативной.

В соответствии с [4] п.П.7 после установления базового уровня требований энергетической эффективности здания, необходимо предусмотреть уменьшение нормируемой величины удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию на 20 %.

Принимаем требуемое значение удельного годового расхода энергетических ресурсов [3]:

$$q^{баз} = 132 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год}).$$

Величина  $q^{баз}$ , уменьшенная на 20 %, составит:

$$q^{баз} = 106 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год}).$$

$$q^p = 68 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год}),$$

$$q^p < q^{баз}$$

Степень снижения расхода энергии за отопительный период равна  $[(68-106)/106]\cdot 100\% = -35\%$ .

Следовательно, согласно [3] здание 10-этажного жилого дома относится к классу В (высокий) по энергетической эффективности.

В здании применены следующие энергосберегающие мероприятия:

- в качестве утеплителя ограждающих конструкций здания используются эффективные теплоизоляционные материалы, применение которых позволяет выдержать высокое значение

приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций;

- применено автоматическое регулирование параметров теплоносителя в системе отопления в зависимости от изменения параметров наружного воздуха, которое осуществляется в индивидуальном тепловом пункте;
- «применено автоматическое регулирование теплоотдачи отопительных приборов с помощью термостатов при центральном регулировании тепловой энергии» [14];
- здание оснащено приборами учета энергии.

В части электроснабжения основными энергосберегающими мероприятиями являются:

- «управление освещением: по месту по мере необходимости; двухступенчатое (по зонам); с применением устройств кратковременного включения освещения, через фотореле и фотодатчики;
- применение светодиодных ламп и светильников с большим световым КПД;
- применение эффективного энергосберегающего оборудования;
- расчет оптимальных сечений питающих сетей и выбор кратчайших трасс для них, что обеспечивает минимальные потери напряжения в сети» [15].

## Заключение

Целью бакалаврской работы являлась разработка технических предложений по созданию энергоэффективной системы электроснабжения десятиэтажного жилого дома

Для бесперебойного питания электроприемников I категории в электрощитовой проектируемого здания предусмотрена вводная панель с двумя взаимно резервирующими вводами, оборудованными межсекционными автоматическими выключателями.

Выполнен расчет ожидаемых электрических нагрузок от жилых квартир и инженерного оборудования жилого дома. Суммарная расчетная мощность жилого дома на шинах проектируемой ТП-10/0,4кВ составила 252 кВт.

«Для ввода, учёта и распределения электроэнергии дома предусмотрены вводно- распределительные устройства с установкой:

- вводной панели типа ША8355-250-74УХЛ4 и распределительных типа ВРУ-1Д-400-215- УХЛ4 с автоматическим блоком управления освещением БАУО - потребителей жилых помещений» [7];
- вводной панели типа ША8355-250-74УХЛ4 распределительного щита ПР11-3048 и ЩРН-48 (питание и управление БАУО).

«Для электроснабжения квартир предусмотрены щитки этажные встраиваемого типа ЩЭ, в которых на каждую квартиру предусмотрены двухполюсные автоматические выключатели и электронный счётчик активной энергии типа «СЕ101» имеющим класс точности 1,0 на вводе. На отходящих линиях установлены автоматические выключатели (освещение) и дифавтоматы (розеточные группы) с током утечки 30 мА.

Распределительные и групповые сети предусмотрены пятипроводными, а однофазные - трехпроводными с разделением нулевого защитного (РЕ) и нулевого рабочего (N) проводников на всем их протяжении.

Внутренние распределительные и групповые сети 0,4 кВ жилой части здания выполнены кабелями с медными жилами марки ВВГнг(А)-LS» [6], в сетях аварийного освещения кабелями марки «нг(А)-FRLS».

«Сети наружного освещения к опорам выполняются кабелем АВБШв 5×6 мм<sup>2</sup> в земле, с защитой при пересечении с инженерными коммуникациями и автомобильными дорогами» [5]. Для электроосвещения наружной территории предусматривается установка металлических опор типа ОТГПф высотой 4м со встроенными светодиодными светильниками мощностью 55Вт.

Принятые объемно-планировочные решения здания, конструктивные решения ограждений и решения инженерных систем позволили выдержать величину удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания ниже нормативной.

В соответствие с [4] п.П.7 после установления базового уровня требований энергетической эффективности здания, необходимо предусмотреть уменьшение нормируемой величины удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию на 20 %.

Степень снижения расхода энергии за отопительный период составляет 35 %.

Следовательно, согласно [3] здание 10-этажного жилого дома относится к классу В (высокий) по энергетической эффективности.

«В здании применены следующие энергосберегающие мероприятия:

- в качестве утеплителя ограждающих конструкций здания используются эффективные теплоизоляционные материалы» [3], применение которых позволяет выдержать высокое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций;
- применено автоматическое регулирование параметров теплоносителя в системе отопления в зависимости от изменения параметров наружного воздуха, которое осуществляется в индивидуальном тепловом пункте;

- «применено автоматическое регулирование теплоотдачи отопительных приборов с помощью термостатов при центральном регулировании тепловой энергии» [8];
- здание оснащено приборами учета энергии.

В части электроснабжения основными энергосберегающими мероприятиями являются:

- «управление освещением: по месту по мере необходимости; двухступенчатое (по зонам); с применением устройств кратковременного включения освещения, через фотореле и фотодатчики;
- применение светодиодных ламп и светильников с большим световым КПД;
- применение эффективного энергосберегающего оборудования;
- расчет оптимальных сечений питающих сетей и выбор кратчайших трасс для них, что обеспечивает минимальные потери напряжения в сети» [15].

## Список используемой литературы

1. Анчарова Т. В., Рашевская М.А., Стебунова. Е.Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений [Электронный ресурс]: учебник , 2-е изд., перераб. и доп. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2018. 415 с. URL: <http://znanium.com/catalog/product/982211> (дата обращения 23.01.2023).
2. Валеев И.М., Мусаев Т.А. Методика расчета режима работы системы электроснабжения городского района : монография. Казань : КНИТУ, 2016. 132 с.
3. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения [Электронный ресурс]: электронное учеб.-метод. пособие. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. 78 с. URL: [https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/2976/1/Vahnina%20Chernenko\\_EUMI\\_Z.pdf](https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/2976/1/Vahnina%20Chernenko_EUMI_Z.pdf) (дата обращения: 15.02.2023).
4. Вахнина В.В., Черненко А.Н., Самолина О.В., Рыбалко Т.А. Проектирование осветительных установок [Электронный ресурс]: электронное учеб.-метод. пособие. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. 107 с. URL: [https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/3383/1/Vahnina%20Chernenko%20Samolina%20Ribalko\\_%20EUI\\_Z.pdf](https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/3383/1/Vahnina%20Chernenko%20Samolina%20Ribalko_%20EUI_Z.pdf) (дата обращения: 28.12.2022).
5. Ершов Ю.А. Электроэнергетика. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: учебное пособие. Красноярск : СФУ, 2014. 68 с.
6. Ковалев И.Н. Электроэнергетические системы и сети : учебник. М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015. 363 с.
7. Комиссаров Ю.А., Бабокин Г.И. Общая электротехника и электроника : учебник. 2-е изд., испр. и доп. М. : ИНФРА-М, 2017. 479 с.
8. Кудрин Б.И. Электроснабжение: учебник. М.: Феникс, 2018. 382 с.



9. Ополева Г. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов [Электронный ресурс]: учеб. пособие. М. : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2019. 416 с. URL: <http://znanium.com/catalog/product/1003805> (дата обращения 05.01.202).
10. Пилипенко В.Т. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах : учебно-методическое пособие. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. 124 с.
11. Сазонова Т.В., Шлейников В.Б. Электроснабжение силовых электроприемников цеха промышленного предприятия: учебное пособие. М.: Бибком, 2016. 110 с.
12. Сибикин Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов: учебное пособие. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2015. 384 с.
13. Сивков А.А., Герасимов Д.Ю., Сайгаш А.С. Основы электроснабжения. Учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 173 с.
14. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению [Электронный ресурс]: учеб. пособие. 3-е изд. М. : ИНФРА-М, 2019. 136 с. URL: <http://znanium.com/catalog/product/1000152> (дата обращения: 23.01.2023).
15. Электрические сети – интернет сайт об электрических сетях и высоковольтном оборудовании [Электронный ресурс]. URL: <http://leg.co.ua> (дата обращения: 16.02.2023).
16. Algarin J.M., Ramaswamy B., Weinberg I.N., Chen Y.J., Krivorotov I.N., Katine J.A., Shapiro B., Waks E. Frequency conversion of microwave signal without direct bias current using nanoscale magnetic tunnel junctions // Scientific Reports. 2019. №9 (1), 828-830.
17. Beaty H.W. Handbook of electric power calculations. USA: McGraw-Hill Companies, 2016. 608 p.

18. Cheng D., Zhang W., Wang K. Hierarchical reserve allocation with air conditioning loads considering lock time using Benders decomposition // International Journal of Electrical Power and Energy Systems. №2. pp. 293-308.
19. Hase Y. Handbook of Power System Engineering. England: John Wiley & Sons, 2013. 401 p.
20. Short T. Electric power distribution handbook. Florida: CRC Press LLC, 2014. 898 p.