

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 Проектирование системы электроснабжения социального жилого корпуса с составлением энергетического паспорта здания

Обучающийся

Н.В. Рузанов

(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 «Проектирование системы электроснабжения социального жилого корпуса с составлением энергетического паспорта здания».

В бакалаврской работе выполнено обоснование принятой схемы электроснабжения. Произведен выбор конструктивных инженерно-технических решений, используемых в системе электроснабжения. Определены конструктивные решения при выборе распределительных устройств, определён их тип и производитель. Выполнен выбор пусковой и защитной аппаратуры, выбраны типы автоматических выключателей и устройств защитного отключения. Произведен расчёт электрических нагрузок по вводным распределительным устройствам здания и в целом по главному распределительному щиту. Для электроприёмников здания определены категории по надёжности электропитания и выбраны схемные решения. Рассмотрены вопросы организации системы рабочего заземления и защиты здания от ударов молний.

Определены типы проводников для питания розеточных сетей и рабочего освещения, для сетей аварийного освещения и сетей наружного освещения территории. Проводники выбраны по токовым нагрузкам, проверены на стойкость к токам коротких замыканий и по потерям напряжения. Выбран резервный источник электропитания, которым является дизельная электростанция.

Определены основные мероприятия по энергосбережению и составлен энергетический паспорт здания.

ВКР состоит из пояснительной записки, выполненной на 57 страницах и графической части из шести листов формата А1.

## **Abstract**

Bachelor's thesis was completed on the topic «Designing the power supply system of a social residential building with the preparation of an energy passport for the building».

In the bachelor's work, the rationale for the adopted power supply scheme was carried out. The choice of constructive engineering solutions used in the power supply system was made. Design solutions are determined when choosing switchgear, their type and manufacturer are determined. The choice of starting and protective equipment has been made, the types of automatic switches and protective shutdown devices have been selected. The calculation of electrical loads for the input switchgears of the building and for the main switchboard as a whole was made. For the power receivers of the building, categories were determined by the reliability of the power supply and circuit solutions were selected. The issues of organizing a system of working grounding and protecting the building from lightning strikes are considered.

The types of conductors for powering socket networks and working lighting, for emergency lighting networks and outdoor lighting networks are determined. The conductors are selected for current loads, tested for resistance to short-circuit currents and voltage losses. A backup power source has been selected, which is a diesel power plant.

The main measures for energy saving were determined and the energy passport of the building was drawn up.

The WRC consists of an explanatory note made on 57 pages and a graphic part of six sheets of A1 format.

## Содержание

Введение.....	5
1 Система электроснабжения и электрического освещения социального жилого корпуса.....	9
1.1 Обоснование принятой схемы электроснабжения, выбора конструктивных и инженерно-технических решений, используемых в системе электроснабжения.....	11
1.1.1 Конструктивные решения распределительных устройств .....	12
1.1.2 Выбор распределительных устройств, пусковой и защитной аппаратуры .....	13
1.2 Определение расчетных нагрузок социального жилого корпуса .....	15
1.3 Надежность электроснабжения социального жилого здания.....	20
1.4 Решения по обеспечению электроэнергией электроприемников и выбор мощности компенсирующей реактивную мощность устройств.....	23
1.5 Разработка мероприятий по заземлению (занулению) и молниезащите .....	25
1.6 Выбор типа, класса проводников для групповых и распределительных сетей.....	29
1.7 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения социального жилого здания .....	38
1.8 Резервирование электроснабжения .....	45
2 Разработка мероприятий по энергосбережению и составление энергетического паспорта здания.....	49
2.1 Мероприятия по обеспечению соблюдения требований к энергетической эффективности .....	49
2.2 Составление энергетического паспорта здания.....	50
Заключение .....	54
Список используемой литературы .....	56

## Введение

Рассматриваемый в работе социальный жилой корпус - это жилой корпус для предоставления стационарного социального обслуживания, предназначенный для оказания социальных услуг для престарелых, инвалидов, молодых инвалидов, ветеранов войны и труда. Место расположения данного корпуса показано на рисунке 1 и находится в селе Воробьевка Воронежской области.

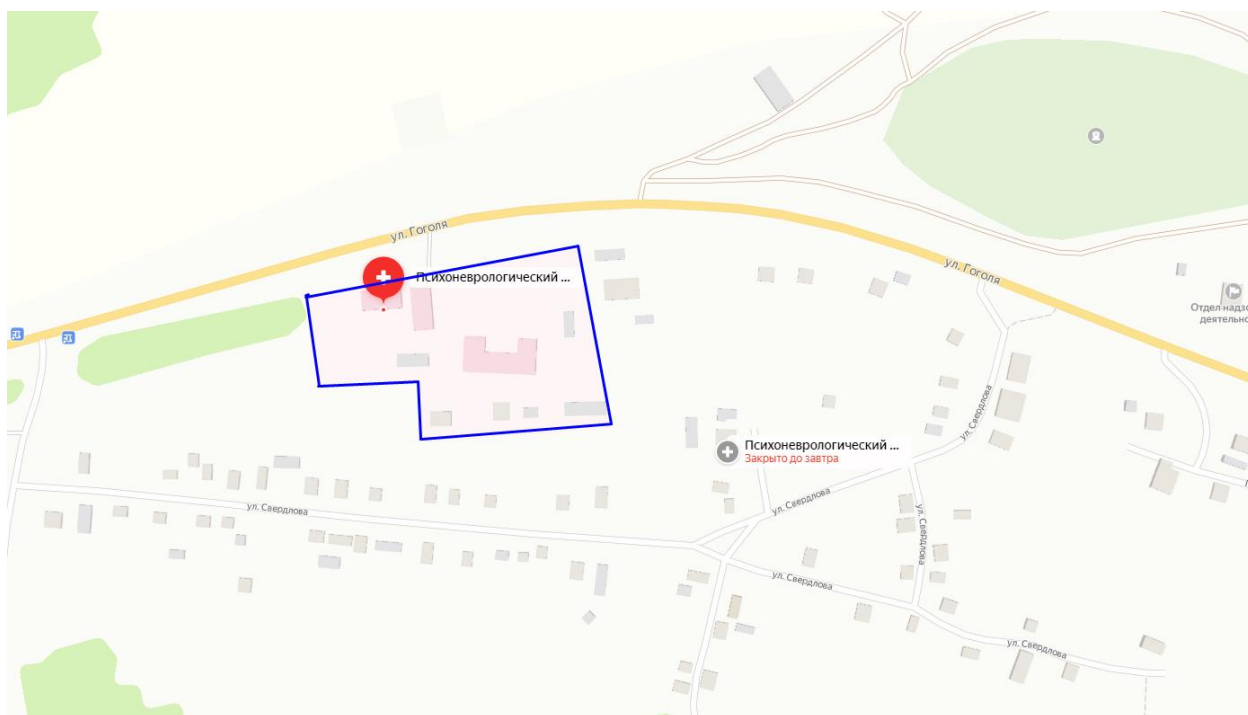


Рисунок 1 – Территория психоневрологического диспансера на карте села Воробьевка

Объект предназначен для оказания стационарных услуг дома-интерната и является структурным подразделением существующего БУ ВО «Воробьевский психоневрологический интернат» с функциональным назначением – жилой корпус. В свою очередь необходимо принять во внимание, что в уже действующем стационарном учреждении социального обслуживания имеется медицинский блок, организованный в соответствии с

требованиями действующих норм и правил. В связи с этим, помещения медицинского назначения в проекте не предусматриваются. Также, в проектируемом жилом корпусе не предусматривается блок производственных помещений столовой. Для обеспечения питания проживающих граждан проектируемого жилого корпуса планируется доставка готовой пищи, изготовление которой будет осуществляться в производственных помещениях столовой действующего психоневрологического интерната, расположенного в шаговой доступности (на расстоянии 500 м) от проектируемого объекта. Мощность производственных помещений столовой действующего интерната позволяет обеспечить питанием, как существующий интернат, так и дополнительно, проектируемый жилой корпус.

Кроме здания жилого корпуса планируется возведение здания надземной одноэтажной автостоянки на 2 машино-места с погребом для хранения овощей, здания КПП.

Здание жилого корпуса запроектировано переменной этажности: 1-2-этажное с техническим подпольем, техническим подвалом и подвалом в блоке «А» и техническим подпольем в блоках «Б» и «В».

Здание жилого корпуса состоит из трех блоков:

- блок «А» (центральная часть здания в осях А/2-А/3 и 1-21) – одно-двухэтажная часть здания с общей группой помещений, приемно-карантинным отделением, помещениями культурно-массового обслуживания, блока помещений лечебно-трудовой мастерской (швейная), обеденным залом столовой с подсобными помещениями, служебно-бытовыми помещениями, хозяйственными помещениями, частью помещений жилых ячеек блока «Б» и «В»;
- блок «Б» (правый блок в осях Д/2-У/2 и 20-35) – двухэтажная часть здания с помещениями жилых ячеек блока «Б»;
- блок «В» (левый блок в осях А/1-Р/1 и А/2-Б/2 и 5-17) – двухэтажная часть здания с помещениями жилых ячеек блока «В».

В составе общей группы помещений блока «А» предусмотрены:

- входная группа: вестибюль с постом дежурного (стойка ресепшн), помещения охраны и пожарного поста, торговый киоск (арендное помещение), гардеробы верхней одежды посетителей и персонала, санузлы, помещение приема гостей, комната для ночлега гостей;
- помещение для хранения уличных колясок;
- рекреация;
- комната социально-бытовой адаптации с кабинетом заведующего при ней;
- комната психологической разгрузки;
- парикмахерская.

В составе помещений для проведения культурно-массовых мероприятий блока «А» предусмотрены: актовый зал с эстрадой, кинопроекционной, артистическими и кладовой инвентаря, радиоузел, зона библиотеки-читальни с открытым фондом хранения в рекреации; комната для музыкальных занятий; комната для кружковых занятий.

В том числе, в составе блока «А» предусмотрены обеденный зал столовой, санитарно-бытовые помещения персонала (гардероб персонала с санузлами и душевыми, комнаты уборочного инвентаря), санузлы.

В составе служебно-бытовых помещений блока «А» на втором этаже предусмотрены:

- комната персонала (прием пищи);
- архив;
- санитарные узлы.

Техническое подполье блоков «А», «Б» и «В» предназначены для прокладки инженерных сетей.

Проектируемый жилой корпус является учреждением для социального обслуживания граждан, которое представляет собой деятельность по удовлетворению потребностей граждан в социальных услугах.

Социальное обслуживание включает в себя совокупность социальных услуг, которые предоставляются ограниченно трудоспособным и

нетрудоспособным гражданам, нуждающимся в периодической или постоянной посторонней помощи. А также гражданам с хроническими заболеваниями, нуждающимся в посторонней или временной помощи в связи с частичной или полной утратой возможности самостоятельно удовлетворять свои основные жизненные потребности, вследствие ограничения способности к самообслуживанию и (или) передвижению.

Контингент лиц, проживающих в жилом корпусе, включает в себя:

- свободно-передвигающихся;
- лежачие больные (тяжелобольные, утратившие навыки самообслуживания, нуждающиеся в уходе, находящиеся на постельном режиме) и инвалиды-колясочники.

В соответствии с заданием на проектирование жилой корпус запроектирован на 100 мест для проживающих, среди которых:

- 76 мест - для свободно передвигающихся граждан;
- 20 мест - для лежачих больных (тяжелобольные, утратившие навыки самообслуживания, нуждающиеся в уходе, находящиеся на постельном режиме);
- 4 места - для инвалидов-колясочников.

Стационарное социальное обслуживание включает меры по созданию для них наиболее адекватных их возрасту и состоянию здоровья условий жизнедеятельности, реабилитационные мероприятия медицинского, социального и лечебно-трудового характера, обеспечение ухода и медицинской помощи по показаниям и назначениям врачей, организацию их досуга и отдыха.

Целью бакалаврской работы является разработка энергоэффективной системы электроснабжения строящегося жилого корпуса, направленной на снижение потребления электрической энергии при соблюдении всех нормативных требований к системе электроснабжения.



## **1 Система электроснабжения и электрического освещения социального жилого корпуса**

Точками присоединения сети электроснабжения 0,4 кВ являются:

- кабельные наконечники проектируемой КЛ 0,4 кВ № 1 от РУ-0,4 кВ проектируемой ТП 10/0,4 кВ от проектируемой ВЛ 10 кВ от опоры № 1 отпайки от опоры № 21 ВЛ-10-5 ПС 35 кВ Лещаная- 165 кВт (основной ввод);
- кабельные наконечники проектируемой КЛ 0,4 кВ № 2 от РУ-0,4 кВ проектируемой ТП 10/0,4 кВ от проектируемой ВЛ 10 кВ от опоры № 14 ВЛ-10-7 ПС 35 кВ Лещаная - 165 кВт (резервный ввод);
- кабельные наконечники проектируемой КЛ 0,4 кВ № 3 от РУ-0,4 кВ проектируемой ТП 10/0,4 кВ от проектируемой ВЛ 10 кВ от опоры № 1 отпайки от опоры № 21 ВЛ-10-5 ПС 35 кВ Лещаная - 36 кВт (основной ввод);
- кабельные наконечники проектируемой КЛ 0,4 кВ № 4 от РУ-0,4 кВ проектируемой ТП 10/0,4 кВ от проектируемой ВЛ 10 кВ от опоры № 14 ВЛ-10-7 ПС 35 кВ Лещаная - 36 кВт (резервный ввод);
- кабельные наконечники проектируемой КЛ 0,4 кВ № 7 от РУ-0,4 кВ проектируемой ТП 10/0,4 кВ от проектируемой ВЛ 10 кВ от опоры № 1 отпайки от опоры № 21 ВЛ-10-5 ПС 35 кВ Лещаная - 21 кВт (основной ввод);
- кабельные наконечники проектируемой КЛ 0,4 кВ № 8 от РУ-0,4 кВ проектируемой ТП 10/0,4 кВ от проектируемой ВЛ 10 кВ от опоры № 14 ВЛ-10-7 ПС 35 кВ Лещаная- 21 кВт (резервный ввод);
- кабельные наконечники проектируемой КЛ 0,4 кВ № 9 от РУ-0,4 кВ проектируемой ТП 10/0,4 кВ от проектируемой ВЛ 10 кВ от опоры № 1 отпайки от опоры № 21 ВЛ-10-5 ПС 35 кВ Лещаная - 17 кВт (основной ввод);
- кабельные наконечники проектируемой КЛ 0,4 кВ № 10 от РУ-0,4 кВ

проектируемой ТП 10/0,4 кВ от проектируемой ВЛ 10 кВ от опоры № 14 ВЛ-10-7 ПС 35 кВ Лещаная - 17 кВт (резервный ввод).

Указанное распределение является условным. Максимальная мощность, которая разрешена к одномоментному использованию составляет 275 кВт.

Сетевая организация осуществляет:

- проектирование и реконструкцию ВЛ-10-5 ПС 35 кВ Лещаная в части монтажа устройства ответвления на опоре № 1 отпайки от опоры № 21;
- проектирование и строительство ВЛ 10 кВ от опоры № 1 отпайки от опоры № 21 ВЛ-10-5 ПС 35 кВ Лещаная до проектируемой ТП 10/0,4 кВ № 502 протяженностью 0,05 км (ВЛ на ЖБ опорах неизолированным сталеалюминевым проводом сечением 50 мм<sup>2</sup>);
- проектирование и реконструкцию ВЛ-10-7 ПС 35 кВ Лещаная в части монтажа устройства ответвления на опоре №14;
- проектирование и строительство ВЛ 10 кВ от опоры 14 ВЛ-10-7 ПС 35 кВ Лещаная до проектируемой ТП 10/0,4 кВ № 502 протяженностью 0,35 км (ВЛ на ЖБ опорах неизолированным сталеалюминевым проводом сечением 50 мм<sup>2</sup>);
- проектирование и строительство двухтрансформаторной ТП 10/0,4 кВ № 502 с силовыми трансформаторами мощностью 400 кВА каждый, оборудованные устройствами телеметрии с передачей информации на диспетчерский пункт филиала;
- проектирование и строительство десяти КЛ 0,4 кВ от проектируемой ТП 10/0,4 кВ № 502 до границы участка протяженностью 0,03 км каждая (КЛ в траншеях многожильные с пластмассовой изоляцией сечением провода 150 мм<sup>2</sup>);
- организацию учета потребляемой электроэнергии на границе раздела балансовой принадлежности электроустановок, в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок, Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей, с

применением выносного пункта учета (ВПУ) 0,4 кВ.

На границе участка застройки устанавливается главный распределительный щит (ГРЩ) для распределения электроэнергии по электропотребителям застройки. Подключение кабельных наконечников проектируемой питающей КЛ-0,4 кВ от ГРЩ до ВПУ осуществляется с нижних клемм отходящего автоматического выключателя, установленного в ВПУ. Данное соединение является границей эксплуатационной ответственности и балансовой принадлежности.

Все здания на территории проектируемого объекта, снабжаются электроэнергией от ГРЩ [1]. Проектными решениями предусмотрено отдельно стоящее здание ГРЩ в блочном бетонном исполнении заводского изготовления. ГРЩ на десять вводов состоит из панелей ввода, панелей отходящих линий и шкафов КРМ. Панели стандартизованные, блочные типа БВРУ заводского изготовления производства ОАО «СОЭМИ» г. Старый Оскол.

### **1.1 Обоснование принятой схемы электроснабжения, выбора конструктивных и инженерно-технических решений, используемых в системе электроснабжения**

Электропотребителями на объекте являются:

- ВРУ1-3 жилого корпуса;
- ВРУ гаража с погребом для хранения овощей;
- ВРУ КПП;
- ВРУ котельной;
- КНС;
- сеть наружного освещения.

В отношении надежности электроснабжения объект относится ко II категории электроснабжения, с частью электропотребителей I категории надежности электроснабжения. К II категории электроснабжения относятся

основные электроприемники систем технологического оборудования, рабочего освещения систем общеобменной вентиляции, инженерных систем, к I категории надежности электроснабжения относятся системы пожарной сигнализации и оповещения о пожаре (АПС), аварийное (эвакуационное) освещение помещений, подъемные механизмы, ИТП, охранная сигнализация (ОС), система дымоудаления и пожаротушения [3].

Электроустановки в проекте приняты с глухозаземлённой нейтралью трансформатора – системы TN-C-S. Напряжение сети 0,4/0,23 кВ переменного тока 50 Гц.

Распределительные (внутри здания) сети спроектированы по радиально-магистральной и радиальным схемам. Распределительные устройства максимально приближены к потребителям, чем достигается сокращение протяженности магистральных и распределительных сетей.

#### **1.1.1 Конструктивные решения распределительных устройств**

Для питания электроприёмников II категории надёжности в электрощитовых для каждого электроприемника предусмотрены стандартизованные вводно-распределительные устройства (ВРУ) с двумя взаиморезервирующими вводами, секциями шин 0,4 кВ. ВРУ конструктивно состоит из вводной панели с переключателями и распределительных панелей по одной на каждую секцию шин 0,4 кВ.

Для бесперебойного питания электроприёмников I категории надёжности и систем противопожарной защиты в электрощитовых здания устанавливаются устройства автоматического ввода резерва, обеспечивающие автоматическое переключение между взаиморезервируемыми вводами. Устройство автоматического ввода резерва подключается на вводе в ВРУ здания после аппарата управления (отключения), до аппарата защиты [2].

Электроприёмники I категории надёжности и систем противопожарной защиты подключаются после устройства АВР на отдельные распределительные шкафы [4].

Шкаф с устройством АВР и панель ППУ имеют боковые стенки для противопожарной защиты, установленной в них аппаратуры. Фасадная часть панели ППУ имеет отличительную окраску красного цвета. Распределительные линии питания электроприемников систем противопожарной защиты самостоятельны для каждого электроприемника начиная от панели ППУ, которая сохраняет работоспособность в условиях пожара в течение времени, необходимого для функционирования систем противопожарной защиты здания.

Так же для электроснабжения панели противопожарных устройств в соответствии с п. 1 статьи 82 Федерального закона № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. применяется автономный резервный источник электроснабжения. В качестве автономного резервного источника электроснабжения применяется дизельная электростанция АД-100С-Т400-2РКМ11 производства фирмы «Азимут». Дизель поставляется в шумозащитном корпусе второй степени автоматизации обеспечивающий автоматический запуск и останов электростанции при отключении и включении основной сети. Дизельная станция рассчитана на автономность работы минимум 8 часов [6].

Для электроснабжения гаража, КПП в качестве ВРУ используются распределительные щиты.

Таким образом, принятая схема обеспечивает электроснабжение всех электроприемников в соответствии с требованиями ПУЭ к надежности электроснабжения.

Распределительные секции ВРУ здания, а также ППУ оборудованы автоматическими выключателями с комбинированными расцепителями (тепловым и электромагнитным) [5].

### **1.1.2 Выбор распределительных устройств, пусковой и защитной аппаратуры**

Распределительные устройства, щиты, пульты, пускозащитная аппаратура, светильники, степень их защиты IP в проекте выбраны в соответствии с категорией производства и класса взрыво-пожароопасности по

ПУЭ, с условиями окружающей среды, экономии средств, удобства монтажа и обслуживания.

Электрооборудование и аппаратура, поставляемые комплектно с технологическим оборудованием, устанавливаются в соответствии с рекомендациями предприятия – изготовителя и паспорта на оборудование [7].

В качестве ВРУ здания принято стандартизованное блочное вводно-распределительное устройство производства ОАО «СОЭМИ», распределительные шкафы типа ПР и модульные щиты металлические навесные с автоматическими выключателями, установленные в центре нагрузок. Навесное оборудование устанавливается на высоте не менее 2,2 м от уровня пола [9].

Распределительные этажные модульные щиты с автоматическими выключателями устанавливаются по коридорам и технологическим помещениям. Основное технологическое оборудование поставляется в комплекте с пусковой и защитной аппаратурой: для приточной системы и др. технологическое оборудование пускозащитная аппаратура поставляется в комплекте с ТХ, ОВ оборудованием. Для управления электродвигателями оборудования, не комплектуемого пусковой аппаратурой (вытяжные вентиляторы и др.), применяются нестандартные щиты управления и магнитные пускатели, установленные в щитах. Схемы управления общеобменной вентиляции предусматривают автоматическое отключение всех систем от срабатывания системы АПС, а также дистанционное ручное отключение кнопкой с пульта контроля и управления, установленного в помещении охраны. Защита сетей выполняется автоматическими выключателями с комбинированными расцепителями, а защита электродвигателей от перегрузки обеспечивается тепловыми реле магнитных пускателей, а защита от коротких замыканий осуществляется электромагнитными расцепителями автоматических выключателей.

Для управления электродвигателями установок системы противодымной вентиляции применены комплектные шкафы типа ШКП, в

которых предусмотрена защита от перегрузок и токов коротких замыканий, контроль целостности цепей управления электродвигателями, а также автоматическое управление электродвигателями, с выдачей сигналов о состоянии в систему пожарной автоматики. Шкафы типа ШКП имеют сертификат соответствия нормам Технического регламента о требованиях пожарной безопасности.

## 1.2 Определение расчетных нагрузок социального жилого корпуса

Основные показатели:

- категория надежности электроснабжения – II;
- уровень напряжения – 0,4 кВ;
- максимальная разрешенная мощность согласно техническим условиям на подключение – 275,00 кВт.

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».

«При определении активной расчетной мощности жилого дома рассматриваются две группы электроприемников: ЭП квартир и силовые, к которым относятся электродвигатели лифтов и санитарно-технического оборудования [8].

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

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

где « $p_{y.кв}$  - 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].

Исходные данные, справочные коэффициенты и расчетные значения нагрузок сведены в таблицы 1-3 для ВРУ здания и таблицу 4 для ГРЩ.



Таблица 1 – Расчет электрических нагрузок ВРУ1

Наименование	$P_y$ (Руд), кВт	$K_c$	$P_p$ , кВт	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВА	$I_p$ , А
Холодильное оборудование	1,65	0,55	0,91	0,65	1,17	1,06	1,4	2,12
Компьютеры	16,22	0,50	8,11	0,70	1,02	8,28	11,59	17,61
Рециркуляторы	2,05	0,50	1,03	0,70	1,02	1,05	1,46	2,22
Лабораторное медоборудование	0,55	0,90	0,50	0,90	0,48	0,24	0,55	0,84
Телевизоры	1,20	0,90	1,08	0,901	0,48	0,52	1,20	1,82
Стиральное оборудование	40,50	0,80	32,40	0,95	0,33	10,65	34,11	51,82
Термическое медицинское оборудование	20,15	0,80	16,12	0,95	0,33	5,30	16,97	25,78
Бытовое электрооборудование	15,46	0,25	3,87	0,90	0,48	1,87	4,29	6,52
Кухонное оборудование	42,82	0,40	17,13	0,98	0,20	6,09	30,59	26,56
Сценическое оборудование	7,66	0,70	5,36	0,80	0,75	4,02	6,70	10,18
Ремонтный электроинструмент	6,64	0,10	0,66	0,70	1,02	0,68	0,95	1,44
Электрополотенца	37,80	0,20	7,56	0,95	0,33	2,48	7,96	12,09
Вентиляция	28,21	0,80	22,57	0,95	0,33	7,42	23,76	36,09
Подъемники	1,50	1,0	1,50	0,62	1,17	1,75	2,31	3,51
Оборудование ВК	17,98	0,20	3,60	0,65	1,17	1,75	2,31	3,51
Серверная	5,00	1,0	5,00	0,70	1,02	5,10	7,14	10,85
Лифты	10,60	0,90	9,54	0,65	1,17	11,15	14,68	22,30
Внутреннее освещение	30,57	0,70	21,40	0,95	0,33	7,03	22,53	34,22
Аварийное освещение	17,12	1,0	17,12	0,95	0,33	5,63	18,02	27,38
Итого:	303,68	0,58	176,13	0,90	0,48	85,31	195,70	297,34

Таблица 2 – Расчет электрических нагрузок ВРУ2

Наименование	$P_y$ (Руд), кВт	$K_c$	$P_p$ , кВт	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВА	$I_p$ , А
Холодильное оборудование	2,23	0,65	1,45	0,65	1,17	1,69	2,23	3,39
Компьютеры	2,90	0,5	1,45	0,7	1,02	1,48	2,07	3,15
Рециркуляторы	0,36	0,2	0,07	0,9	0,48	0,03	0,08	0,12
Телевизоры	2,40	0,9	2,16	0,9	0,48	1,05	2,40	3,65
Термическое оборудование	5,20	0,8	4,16	0,95	0,33	1,37	4,38	6,65

Продолжение таблицы 2

Наименование	Р <sub>у</sub> (Руд), кВт	Кс	Р <sub>р</sub> , кВт	cos φ	tg φ	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА	I <sub>р</sub> , А
Бытовое электрооборудование	55,85	0,25	13,96	0,9	0,48	6,76	15,51	23,57
Быт розетки	5,76	0,7	4,03	0,9	0,48	1,95	4,48	6,81
Бра	0,24	0,2	0,05	0,95	0,33	0,02	0,05	0,08
Электрополотенца	3,60	0,2	0,72	0,95	0,33	0,24	0,76	1,15
Лифты	1,50	1	1,50	0,65	1,17	1,75	2,31	3,51
Внутреннее освещение	9,79	0,70	6,85	0,95	0,33	2,25	7,21	10,96
Аварийное освещение	2,79	1	2,79	0,95	0,33	0,92	2,94	4,46
Итого:	92,62	0,38	35,20	0,90	0,48	17,05	39,11	59,42

Таблица 3 – Расчет электрических нагрузок ВРУ3

Наименование	Р <sub>у</sub> (Руд), кВт	Кс	Р <sub>р</sub> , кВт	cos φ	tg φ	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА	I <sub>р</sub> , А
Холодильное оборудование	2,23	0,65	1,45	0,65	1,17	1,69	2,23	3,39
Компьютеры	2,90	0,5	1,45	0,7	1,02	1,48	2,07	3,15
Рециркуляторы	0,36	0,2	0,07	0,9	0,48	0,03	0,08	0,12
Телевизоры	2,40	0,9	2,16	0,9	0,48	1,05	2,40	3,65
Термическое оборудование	5,20	0,8	4,16	0,95	0,33	1,37	4,38	6,65
Бытовое электрооборудование	59,23	0,25	14,81	0,9	0,48	7,17	16,45	25,00
Бытовые розетки	5,76	0,7	4,03	0,9	0,48	1,95	4,48	6,81
Бра	0,24	0,2	0,05	0,95	0,33	0,02	0,05	0,08
Электрополотенца	3,60	0,2	0,72	0,95	0,33	0,24	0,76	1,15
Внутреннее освещение	9,79	0,70	6,85	0,95	0,33	2,25	7,21	10,96
Аварийное освещение	2,79	1	2,79	0,95	0,33	0,92	2,94	4,46
Итого:	94,50	0,38	35,91	0,90	0,48	17,39	39,9	60,62

Таблица 4 – Расчет электрических нагрузок ГРЩ

Наименование потребителей	Мощность установленная P <sub>у</sub> , кВт	Коэффициенты			Нагрузка			Расчетный ток I <sub>p</sub> , А
		K <sub>c</sub>	cos φ	tg φ	Активная P <sub>p</sub> , кВт	Реактивная Q <sub>p</sub> , кВАр	Полная S, кВА	
ВРУ-1	303,68	0,58	0,90	0,48	176,13	85,31	195,70	297,34
ВРУ-2	92,62	0,38	0,90	0,48	35,20	17,05	39,11	59,42
ВРУ-3	94,50	0,38	0,90	0,48	35,91	17,39	39,90	60,62
Гараж	2,55	1,00	0,94	0,36	2,55	0,93	2,71	4,12
КПП	3,47	1,00	0,94	0,36	3,47	1,26	3,69	5,61
Котельная	25,60	0,66	0,94	0,36	17,00	6,17	18,09	27,48
Наружное освещение	4,40	1,00	0,98	0,20	4,40	0,89	4,49	6,82
ИТОГО на ГРЩ:	526,82	0,52	0,91	0,47	274,66	128,99	303,44	461,03
КРМ	-	-	-	-	-	30,00	-	-
ИТОГО на ГРЩ с КРМ:	-	-	0,94	0,36	274,66	98,99	291,95	443,58

Общая расчетная мощность на объект (в ГРЩ) составила  $P_p = 274,66$  кВт.

При этом годовой расход электроэнергии составляет  $E_y = 1231,450$  тыс. кВт·ч.

Объекты жилого корпуса работают круглосуточно ежедневно.

Основными потребителями электроэнергии являются электроприемники систем технологического оборудования, рабочего освещения, систем общеобменной вентиляции, инженерных систем, котельная, наружное освещение [10].

### **1.3 Надежность электроснабжения социального жилого здания**

Категории надежности электроснабжения электроприемников жилого корпуса:

- электроприемники ВРУ1, ВРУ2, ВРУ3 основного жилого корпуса относятся к II категории надежности электроснабжения (основное технологическое и инженерное оборудование корпуса, бытовая розеточная сеть, сеть рабочего электроосвещения), с частью электроприемников I категории надежности (шкаф сетей связи, подъемное оборудование, аварийное освещение, противопожарные устройства, системы автоматической пожарной сигнализации), в соответствии с СП158.13330.2014 п. 7.7.1.2.3, СП 256.1325800.2016 п. 6.1. Здание основного жилого корпуса относится к классу функциональной пожарной опасности Ф1.1, в соответствии с Федеральным законом № 123-ФЗ ст. 82 п. 1 для бесперебойного электроснабжения электроприемников систем противопожарной защиты предусматривается автономный резервный источник питания - дизельная электрическая станция. Электроснабжение электроприемников II категории надежности электроснабжения основного корпуса выполняется взаиморезервируемыми рабочими

вводами 0,4 кВ от ГРШ-0,4 кВ до ВРУ с ручным переключением на вводе. Для электроснабжения потребителей I категории применяются устройства автоматического ввода резерва и для бесперебойного электроснабжения электроприемников систем противопожарной защиты отдельная резервная кабельная линия 0,4 кВ от дизельной электрической станции;

- электроприемники котельной относятся к I категории надежности электроснабжения, в соответствии с СП 256.1325800.2016 п. 6.1, СП 89.13330.2016 п. 16.1, а также определяется конструктивными решениями завода-изготовителя. Электроснабжение осуществляется по двум независимым взаиморезервируемым питающим линиям электроснабжения 0,4 кВ от ГРЩ-0,4 кВ до устройства автоматического ввода резерва в котельной;
- электроприемники гаража, КПП, сети наружного освещения относятся к III категории надежности электроснабжения, электроснабжение выполняется по одной питающей линии электроснабжения. Электроснабжение части электроприемников Iй категории надежности электроснабжения данных электропотребителей (аварийное освещение, системы охранной сигнализации, пожарной сигнализации и сетей связи гаража и КПП) выполняется с использованием индивидуальных источников бесперебойного питания.

Для обеспечения категорийности, надежности и безопасности электроснабжения проектируемых потребителей предусматривается [11]:

- для электроприемников II категории надежности электроснабжения двухвводные взаиморезервируемые рабочие вводы 0,4 кВ от ГРЩ-0,4 кВ, с ручным переключением на вводе;
- необходимое количество вводов от проектируемой ДЭС для противопожарных устройств здания с классом функциональной пожарной опасности Ф1.1;

- автоматическое включение резерва (АВР) на вводах для электроприемников I категории надежности электроснабжения;
- контроль напряжения на шинах РУ-0,4 кВ.

Необходимо прокладку питающих кабельных линий выполнить в соответствии с указаниями серии А5-92 «Прокладка кабелей напряжением до 35 кВ в траншеях». Прокладка взаиморезервируемых кабельных линий электроснабжения 0,4 кВ от ГРЩ-0,4 кВ до ВРУ потребителей выполняется в земляной траншее силовым кабелем марки АВВШв, через несгораемую перегородку из красного кирпича, установленного на ребро (в соответствии с СП 76.13330.2016). Защита кабельных линий 0,4 кВ выполняется хризотилцементной трубой диаметром 100 мм. В местах, где не требуется защита кабельных линий 0,4 кВ, в траншее прокладывается сигнальная ПВХ лента красного цвета с надписью: «Осторожно кабель!!» в соответствии с ПУЭ, изд. 6 гл. 2.3.83.

Для потребителей противопожарных и противодымных систем в электрощитовой основной корпус устанавливается отдельная панель красного цвета с АВР. Взаиморезервируемые кабельные линии к АВР прокладываются по отдельным трассам кабелем марки ВВГнг(А)-FRLSLTx, с медными жилами и изоляцией огнестойкой, с низким газо- и дымовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения, согласно ст. 82 «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности», ГОСТ 31565-2012. От ввода в здание до ВРУ на кабели необходимо нанести огнезащитную краску.

Для защиты прохода взаиморезервируемых кабельных линий из одного пожарного отсека в другой и обеспечения необходимого времени огнестойкости трассы используются ограждающие строительные конструкции с огнестойкостью EI45 [13].

Качество электроэнергии должно соответствовать нормам, установленным в ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической

энергии в системах электроснабжения общего назначения». Потеря напряжения в сетях электроснабжения не превышает 5 %.

Уровни регулирования напряжения на шинах 0,4 кВ, к которой подсоединены распределительные сети, в пределах не ниже 105 % номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100 % номинального в период наименьших нагрузок этих сетей.

#### **1.4 Решения по обеспечению электроэнергией электроприемников и выбор мощности компенсирующих реактивную мощность устройств**

В рабочем режиме предусматривается питание электроприемников с обеих секций РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ при двух работающих трансформаторах. При аварии одного из трансформаторов (или выводе в ремонт) питание потребителей выполняется с одной секции шин по одной кабельной линии.

Сечение питающих кабельных линий 0,4 кВ определяется из условий длительно допустимых токовых нагрузок и проверяется по допустимой потере напряжения, допустимого времени защитного автоматического отключения тока однофазного КЗ аппаратами защиты.

Прокладка кабельных линий в земляных траншеях и все пересечения с существующими и вновь прокладываемыми инженерными коммуникациями выполняется по серии А5-92 «Прокладка кабелей напряжением до 35 кВ в траншеях».

Кабели должны прокладываться в траншеях с подсыпкой снизу, а сверху с засыпкой слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака [12].

На участках где вероятны механические повреждения (в местах частых раскопок) предусматривается защита от механических повреждений посредством покрытия кабеля глиняным обыкновенным кирпичом в один слой поперек трассы кабелей.

Для кабельных линий до 20 кВ, кроме линий выше 1 кВ, питающих электроприемники I категории, в траншеях с количеством кабельных линий не более двух применять вместо кирпича сигнальные пластмассовые ленты. Не допускается применение сигнальных лент в местах пересечений кабельных линий с инженерными коммуникациями и над кабельными муфтами на расстоянии по 2 м в каждую сторону от пересекаемой коммуникации или муфты, а также на подходах линий к распределительным устройствам и подстанциям в радиусе 5 м.

Выход кабельных линий из ТП осуществляется через кабель-каналы. Герметизация вводов в здание выполняется по серии 5.905-26.08 «Уплотнение вводов инженерных коммуникаций газифицированных зданий и сооружений».

Применяется автономный резервный источник электроснабжения. В качестве автономного резервного источника электроснабжения применяется дизельная электростанция АД-100С-Т400-2РКМ11 производства фирмы «Азимут». Для приборов АПС применяется резервный источник питания – аккумуляторные батареи [14].

Проектом предусматривается компенсация реактивной мощности, в ВРУ жилого корпуса на каждой секции шин устанавливаются установки компенсации реактивной мощности КРМ. В результате мероприятий по компенсации реактивной мощности результирующий  $\text{tg } \varphi \leq 0,35$ .

Защита питающих сетей электрооборудования внутри здания выполнена автоматическими выключателями с комбинированным (тепловым и электромагнитным) расцепителем, установленных на ВРУ, распределительных и этажных щитах. Розеточные сети дополнительно защищены УЗО с отключением при дифференциальном токе 30 мА.

Для осуществления учета потребляемой электрической энергии до трансформаторов тока (по направлению потока мощности) Сетевая организация предусматривает установку коммутационного аппарата с номинальным током, соответствующим максимальной разрешённой



мощности и устанавливает статические электронные счетчики электрической энергии полукосвенного включения, класса точности по активной и реактивной энергии 1,0 и 2,0 соответственно, или выше.

### **1.5 Разработка мероприятий по заземлению (занулению) и молниезащите**

Электроприемники зданий объекта напряжением до 1 кВ относятся к электроустановкам с глухозаземленной нейтралью (система TN-C-S) и подлежат заземлению (занулению) в соответствии с требованиями главы 1.7 ПУЭ.

В качестве защитного заземления электроустановок здания предусмотрено [15]:

- наружный заземлитель в виде замкнутого контура из оцинкованной круглой стали диаметром 16 мм, который укладывается по периметру здания в земле на расстоянии 1 м от наружной грани фундамента на глубине не менее 0,5 м от поверхности земли (заземлитель соответствует ПУЭ гл. 1.7, изд. 7 и с тех. циркуляром «Росэлектромонтаж» № 11/2006 от 16.10.2006 г.). Выпуски из земли ( $h=300$  мм от поверхности земли) выполнить оцинкованной сталью полосовой  $30\times 5$  мм, далее присоединить к ним токоотводы;
- магистраль основной системы уравнивания потенциалов из полосовой стали сечением  $40\times 5$  мм, монтируемая в электрощитовых, техпомещениях, венткамерах, в помещении водомерного узла, в насосной, в тепловом пункте по периметру помещений;
- ответвления к электрооборудованию из стали полосовой сечением  $25\times 4$  мм.

Внутренние магистральные заземляющие устройства подключаются к наружному контуру не менее чем в двух точках.

Технические решения по молниезащите зданий жилого корпуса соответствуют требованиям «Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153-34.21.122-2003. Проектируемое здание относится к обычным объектам. Надежность защиты от прямых ударов молнии (ПУМ) принята – 0,9, что соответствует IV уровню защиты.

Молниезащита зданий выполнена путем наложения на кровлю молниеприемной сетки из стали круглой диаметром 8 мм, с шагом ячейки не более 20×20 м. Все выступающие части кровли (металлические козырьки вентиляционных шахт, стойки антенн) соединить сталью круглой диаметром 8 мм с молниеприемной сеткой. В качестве токоотводов используется сталь круглая диаметром 8 мм, спуски которой не реже чем через 25 м соединяются с наружным контуром заземления. Для их крепления на фасаде предусмотрены фасадные держатели, с частотой установки не реже, чем раз на 1 м. Токоотводы должны быть выполнены не ближе 3 м от входов в здание. Все соединения выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 10434-82.

Для защиты здания от вторичных проявлений молнии предусмотрены следующие мероприятия [16, 17]:

- предусмотрено присоединение всех металлических корпусов оборудования к заземляющим устройствам;
- соединение металлических трубопроводов внутри здания перемычками через каждые 30 м в местах их сближения на расстояние менее 10 см.

Защита зданий от заноса высоких потенциалов по подземным металлическим коммуникациям и кабелям выполняется путем присоединения труб, брони оболочек кабелей на вводах в здания к наружному защитному заземляющему устройству электроустановок.

Таким образом, защитное заземляющее устройство электроустановок используется также для молниезащиты, защиты от вторичных проявлений молнии и от заноса высоких потенциалов (ПУЭ, п.1.7.55).

Далее идет описание системы уравнивания потенциалов.

Для выполнения основной системы уравнивания потенциалов к ГЗШ проводниками уравнивания потенциалов присоединить:

- нулевые защитные проводники PEN питающих линий;
- заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание;
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание;
- металлические части каркаса здания;
- металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования (при наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды присоединить к шине РЕ щитов питания вентиляторов и кондиционеров);
- металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Проводящие части, входящие в здание извне, соединить как можно ближе к точке их ввода в здание [17].

В качестве проводников основной системы уравнивания потенциалов использовать специально проложенные проводники в виде стальной полосы 40×4 мм или медные провода сечением от 6 до 25 мм<sup>2</sup> с изоляцией желто-зеленого цвета (провод ПуГВВ в ПВХ трубах).

Система дополнительного уравнивания потенциалов должна соединять между собой одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания и проводящие части сантехнического оборудования.

В качестве проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов использовать специально проложенные проводники. Сечение проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов, не входящих в состав кабеля, во всех случаях должно быть не менее:

- 2,5 мм<sup>2</sup> при наличии механической защиты;

– 4,0 мм<sup>2</sup> при отсутствии механической защиты.

Присоединение каждой открытой проводящей части электроустановки к нулевому защитному проводнику должно быть выполнено при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в защитный проводник открытых проводящих частей не допускается. Присоединение открытых и сторонних проводящих частей к основной системе уравнивания потенциалов должно быть выполнено также при помощи отдельных ответвлений. Присоединение открытых и сторонних проводящих частей к дополнительной системе уравнивания потенциалов может быть выполнено при помощи как отдельных ответвлений, так и присоединения к одному неразъемному проводнику.

Присоединение заземляющих, нулевых и защитных проводников и проводников уравнивания потенциалов к открытым проводящим частям электроустановки, а также к сторонним проводящим частям, выполнить при помощи болтовых соединений или сварки. Болтовые соединения выполнить по 2-му классу соединений в соответствии с ГОСТ 10434-82. Для болтовых соединений необходимо предусмотреть меры против ослабления контакта.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ применяются устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА (п.1.7.50 ПУЭ).

## 1.6 Выбор типа, класса проводников для групповых и распределительных сетей

Кабели и провода выбраны в соответствии с требованием ПУЭ, ГОСТ 31565- 2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности» и рекомендациями ЕТУ на прокладку кабелей в соответствии со средой и условиями их прокладки [20].

Проводка, монтажные материалы, электрооборудование, аппараты, светильники, приборы, и т.п. в пожароопасных зонах запроектированы согласно требованиям ФЗ №123-ФЗ от 22.07.2008 г. (Ст82; п.2,3,5,10,13), ПУЭ. гл.7.4, РМ 78.36.001-99 и с учётом положений п.527, ГОСТР 50571.5.52-2011, СП 256.1325800.2016, ГОСТ 31565-2012, ст.ст.141, 142, № 123-ФЗ от 22.07.2008 г.

В проекте исключается прокладка транзитной проводки питающих кабельных линий 0,4 кВ через пожароопасные зоны, противопожарные отсеки.

Оболочка и изоляция кабелей, неметаллические трубы и коробки запроектированы из ПВХ материала, не поддерживающего горение. Сечения кабелей выбраны по длительно допустимой токовой нагрузке, потери напряжения, экономической плотности тока и проверены на токи однофазного короткого замыкания [18].

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

- по номинальному напряжению» [4]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (5)$$

- «по номинальному току» [4]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (6)$$

«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 обратно 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]:

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

где « $I_y$  – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$  – пусковой ток двигателя;

$k_{рн}$  – 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;

$t_{дон}$  – допустимое время отключения в соответствие 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» [4]:

$$I_{pa} \leq I_{нр} \leq I_{дон},, \quad (11)$$

$$I_2 \leq 1,45I_{дон},, \quad (12)$$

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

$I_{нр}$  – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$  – допустимы 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 [19].

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

Все помещения в зданиях и сооружениях, спроектированных на площадке объекта, имеют следующие категории и классы по взрывопожароопасности:

- В3, В4 (П-Па). Электрические аппараты, установленные в помещениях данного класса приняты со степенью защиты оболочки IP54 и IP55. Ответвительные коробки - IP65. Светильники установлены стационарно со степенью защиты оболочки IP54 и IP65. Выключатели осветительных цепей вынесены из пожароопасных зон. Все принятые в проекте кабели с медными жилами и защищены от перегрузок и токов КЗ. Кабели к технологическому оборудованию, а также к электроосветительным приборам по помещениям приняты не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнг(А)-LSLTx-0,66 кВ. Кабели систем противопожарной защиты приняты огнестойкие (не менее 3 ч), не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнг(А)-FRLSLTx-0,66 кВ. Способ прокладки в основном в лотках, одиночные кабели частично открыто по стенам на скобах и в гофрированных не горючих трубах. Для заделки отверстий в перекрытиях в местах прохода кабелей и труб электропроводки используется универсальная растворная кабельная проходка «Формула КП». Для прохода кабелей сквозь внутренние перегородки в проекте используется проходка кабельная универсальная фирмы ЗАО «Диэлектрические кабельные системы» в составе: огнезащитные подушки (DB1801- DB1805) марки AF BAGS, металлический лоток ЗАО «Диэлектрические кабельные системы» и акриловый герметик для наружной заделки (DS1202) марки AF Seal W. Предел огнестойкости IET 120 по ГОСТ Р 53310-2009.



- Д (норм.). Электрические аппараты, установленные в помещениях данного класса приняты со степенью защиты оболочки IP31. Ответительные коробки применены для скрытой проводки, частично для открытого монтажа со степенью защиты IP44 (устанавливаются за подвесным потолком). Светильники установлены по зданию стационарно в исполнении IP54 (для помещений пищеблока) и IP20 (для остальных помещений) потолочные, а в помещениях с подвесными потолками приняты встраиваемые светильники. Выключатели осветительных цепей установлены по месту в помещениях – внутри со стороны открытия двери.

Все принятые в проекте кабели с медными жилами и защищены от перегрузок и токов КЗ. Кабели к технологическому оборудованию, а также к электроосветительным приборам и розеткам по помещениям приняты не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения ВВГнг(A)-LSLTx-0,66 кВ. Кабели систем противопожарной защиты приняты огнестойкие (не менее 3 ч), не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения ВВГнг(A)-FRLSLTx-0,66 кВ.

На рисунках 2-4 показаны результаты выбора проводников и защитных аппаратов по узлам питания ЩС01, ЩС11 и ЩС16.

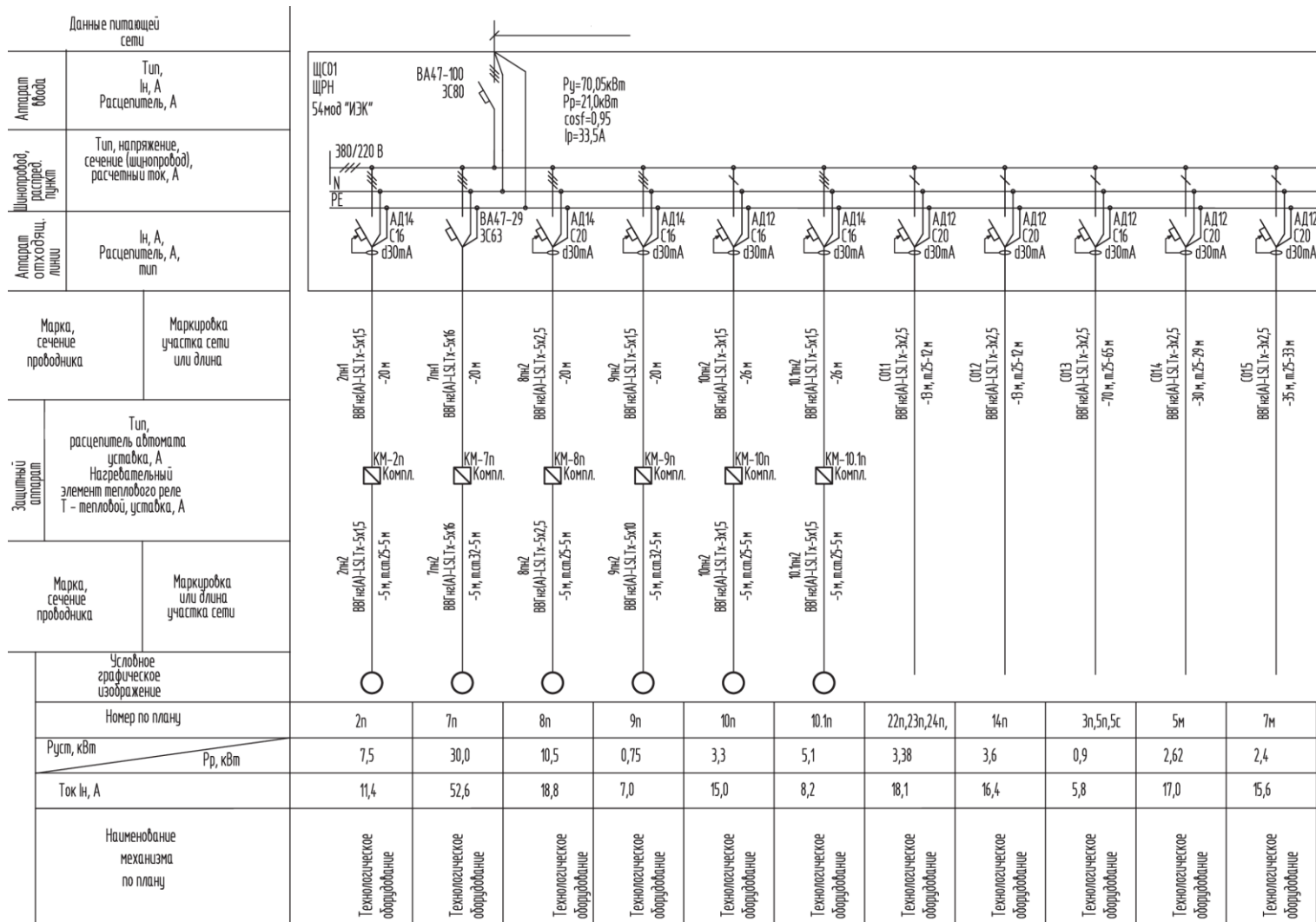


Рисунок 2 – Схема электрическая принципиальная щита ЩС01

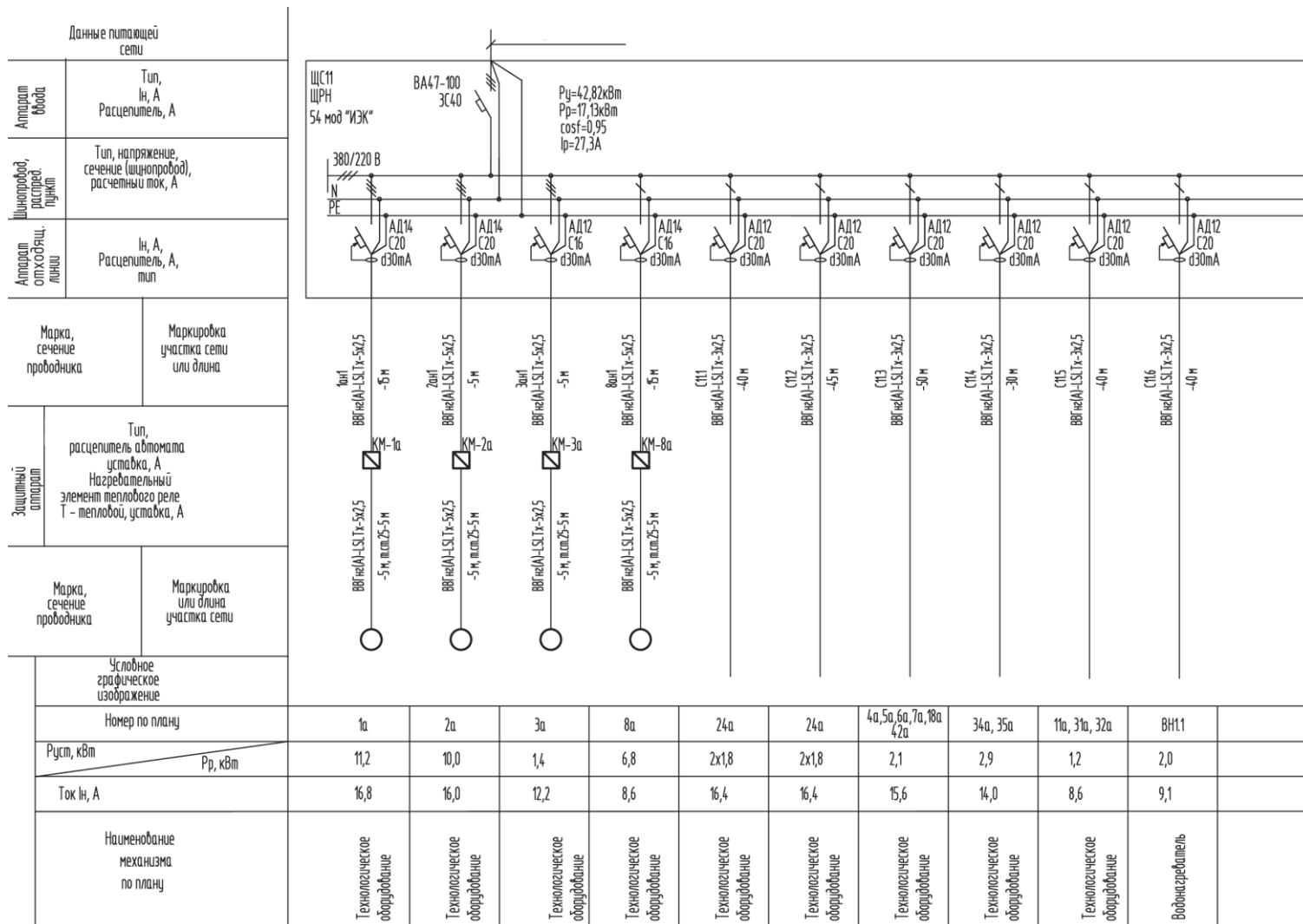


Рисунок 3 – Схема электрическая принципиальная щита ЩС11

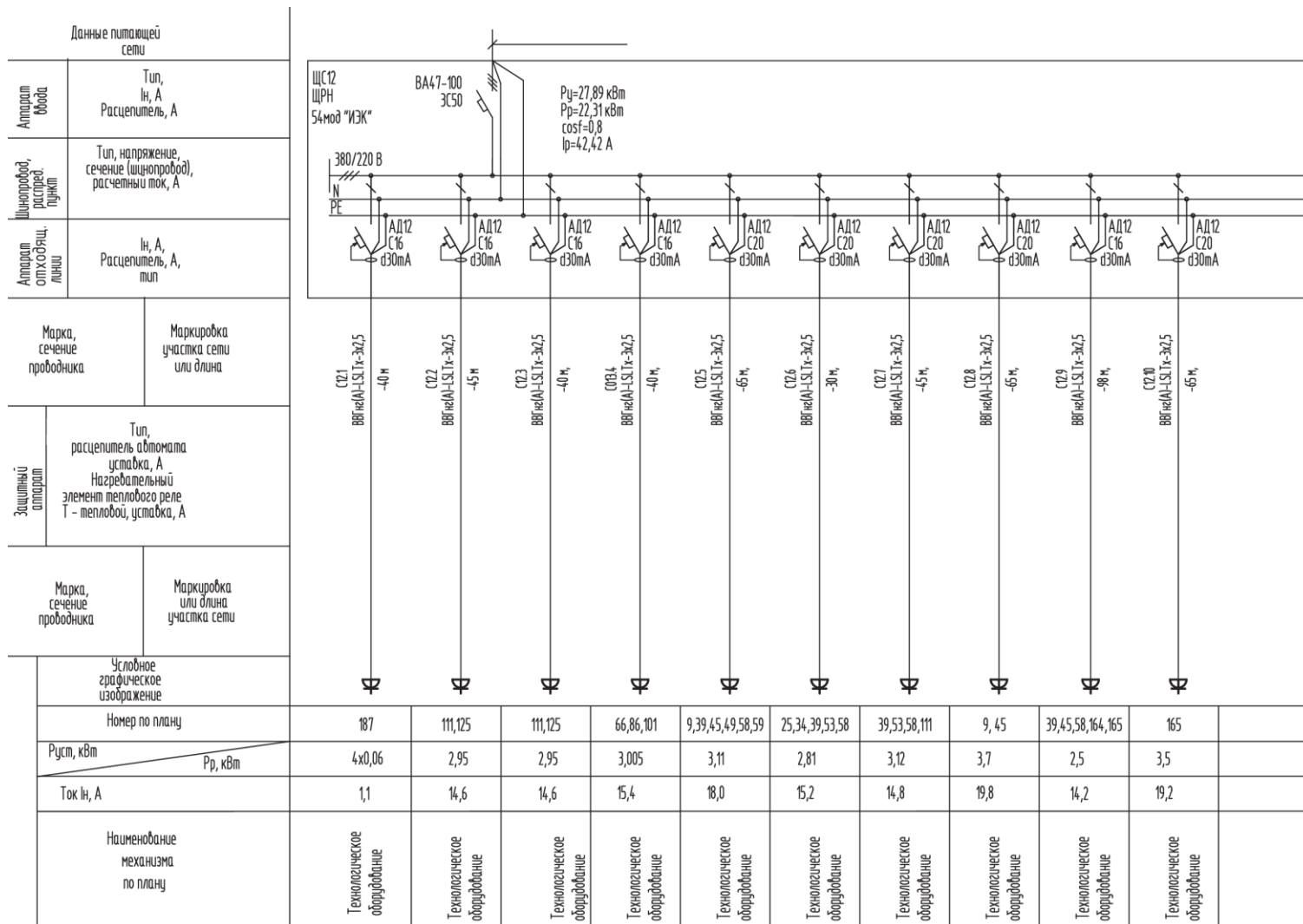


Рисунок 4 – Схема электрическая принципиальная щита ЩС16

Способ прокладки кабелей в кабинетах и помещениях с нормальной средой - скрыто под слоем штукатурки, при наличии подвесного потолка – проводку выполнить за подвесным потолком ответвления от магистралей в гофрированных трубах, магистральные линии на лотках, частично проводка выполнена в кабель-каналах. Для прохода кабелей сквозь внутренние перегородки в проекте используется проходка кабельная универсальная фирмы ЗАО «Диэлектрические кабельные системы» в составе: огнезащитные подушки (DB1801- DB1805) марки AF BAGS, металлический лоток ЗАО «Диэлектрические кабельные системы» и акриловый герметик для наружной заделки (DS1202) марки AF Seal W. Предел огнестойкости IET 120 по ГОСТ Р 53310- 2009.

Внутриплощадочные сети электроснабжения 0,4 кВ спроектированы кабелем АВБШв-1 кВ в траншее по двух лучевой схеме в соответствии с категорией надежности электроснабжения потребителя.

Для защиты от механических повреждений кабели, проложенные в земле, в местах пересечения с подземными коммуникациями и автодорогами запроектированы в хризотилцементных трубах. Прокладку кабелей выполнить в соответствии с указаниями серии А5-92 «Прокладка кабелей напряжением до 35 кВ в траншеях». Взаиморезервируемые кабели в траншее проложены на расстоянии по горизонтали 1 м (в трубах - 0,5 м).

В местах ввода кабелей в здания жилого корпуса при пересечении конструкций с нормируемым пределом огнестойкости в проекте организованы проходки кабельные универсальные фирмы ЗАО «Диэлектрические кабельные системы» в составе: огнезащитная плита марки AF PANEL (DP1201), металлический лоток ЗАО «Диэлектрические кабельные системы» и акриловый герметик для наружной заделки (DS1202) марки AF Seal W. Предел огнестойкости IET 90 по ГОСТ Р 53310-2009. Также с помощью акрилового герметика обеспечивается герметизация от проникновения газов. Для обеспечения огнестойкости отрезков вводных кабелей от вводов в здание до клемм ВРУ с АВР систем ППЗ в проекте применён огнезащитный состав

Феникс СЕ для кабелей. Огнезащитный состав Феникс СЕ для кабелей соответствует требованиям ГОСТ Р 53311-2009 и РД 153-34.0- 30.262-2002. Коэффициент уменьшения токовой нагрузки, для кабелей, защищенных составом Феникс СЕ, равен 1,0. Толщина слоя для необходимого времени защиты кабелей с ПВХ изоляцией составляет 1,0 мм.

### **1.7 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения социального жилого здания**

Принятые технические решения по внутреннему электроосвещению помещений соответствуют требованиям:

- ПУЭ изд.7;
- СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»;
- СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

В соответствии с требованиями Федерального закона № 384-ФЗ от 30.12.2009 г. (ст. 10, п. 2.4, ст. 23) в помещениях проектируемого объекта предусмотрены следующие виды электроосвещения:

- рабочее;
- аварийное (эвакуационное);
- ремонтное;
- дежурное освещение палат (жилых комнат).

Для рабочего и аварийного освещения в зданиях жилого корпуса принято напряжение 0,23 кВ, для ремонтного освещения – 36 В.

Щиты аварийного освещения предусмотрены модульные, запитанные напрямую от панели ППУ описанной выше.

Для питания ремонтного освещения предусмотрены ящики с понижающим (безопасным) трансформатором ЯТП-0,25.

Все световые указатели в настоящем проекте предусмотрены с аккумуляторными блоками. Аварийное освещение включено в режиме постоянного действия для помещений, не имеющих естественного освещения, и непостоянного действия для помещений с естественным освещением. Светильники аварийного освещения работают одновременно с рабочим освещением и выполняют функцию рабочего освещения в нормальном режиме.

Управление аварийным электроосвещением осуществляется:

- автоматически от приемно-контрольных пожарных приборов и от фотодатчиков (для помещений, имеющих естественное освещение);
- дистанционно из помещения пожарного поста в ручном режиме с помощью устройства «Telecontrol».

Схема подключения к сети светильника со встроенным блоком аварийного питания обеспечивает постоянный подзаряд аккумулятора. Для электрического освещения помещений применены светильники со светодиодным световым элементом, с индексами цветопередачи 80-89 (т.е. не менее 40), что соответствует требованию приложения «К» СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Для коридоров, проходов, переходов, лестничных клеток и тому подобное требования к цветоразличению отсутствуют.

Эксплуатация аварийного эвакуационного освещения должна осуществляться в соответствии с ПТЭ (Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей) от 2003 г. Для дистанционного тестирования и управления аварийным эвакуационным освещением используется устройство «Telecontrol», при этом светильники эвакуационного освещения, принятые в настоящем проекте, поддерживают функцию «Telecontrol». Минимальная продолжительность работы аварийного освещения в автономном режиме – 1 ч.

Световые указатели соответствуют требованиям ГОСТ Р 12.4.026-2015 «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и

правила применения. Общие технические характеристики. Методы испытаний», и имеют яркость не менее 15 кд/м<sup>2</sup>.

Монтаж электрооборудования, светильников и кабельных сетей следует выполнить в соответствии с СП 76.13330.2016.

Расчет рабочего и аварийного освещения проектируемого здания 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» [3]:

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

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].

Расчеты внутреннего и наружного освещения произведены в программе DIALux. Для освещения помещений выбраны различные типы светодиодных светильников производства Varton.

На рисунке 5 представлены результаты расчетов освещенности на уровне рабочей плоскости для первого этажа блока А.

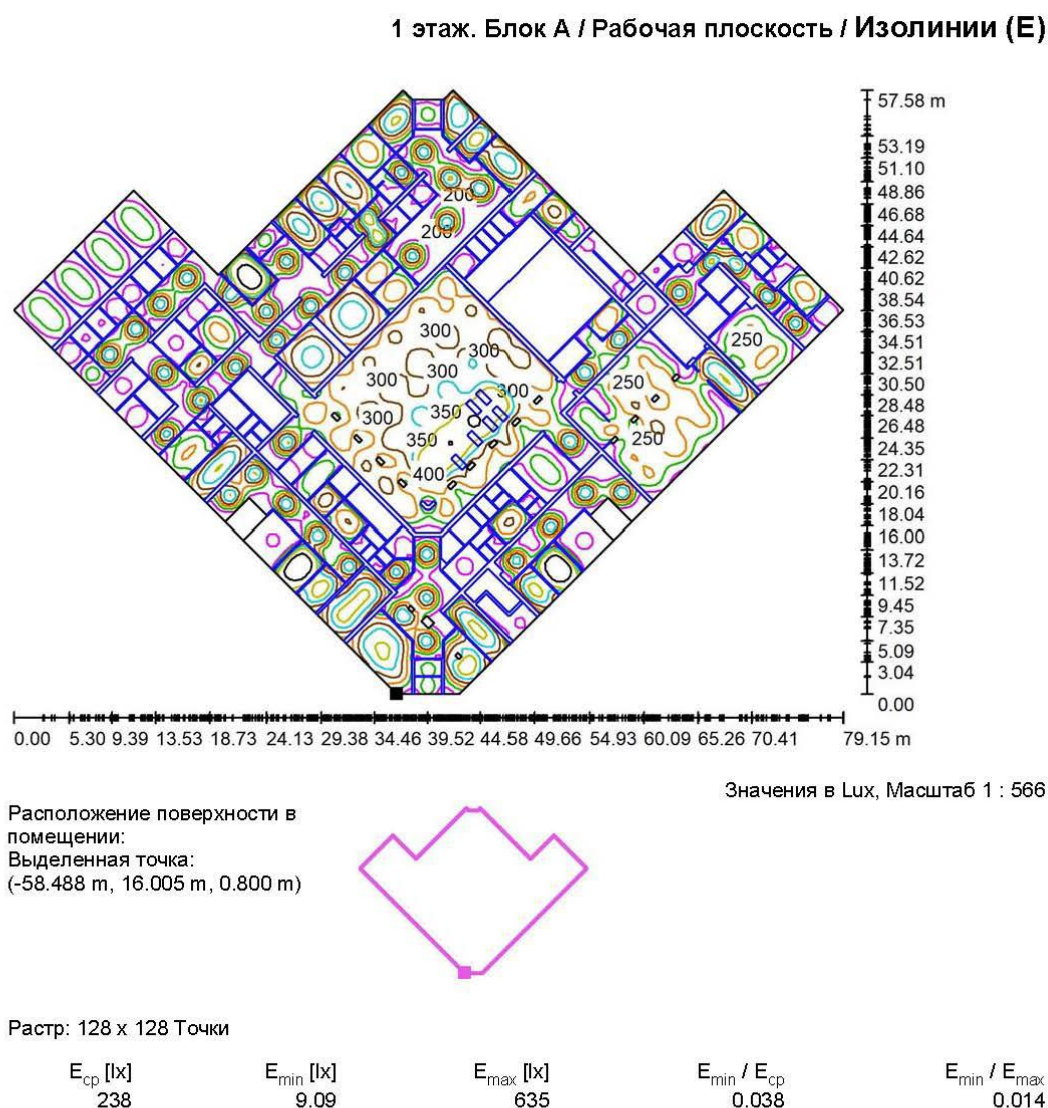


Рисунок 5 - Результаты расчетов освещенности на уровне рабочей плоскости для первого этажа блока А

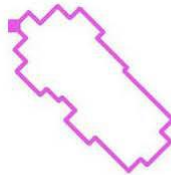
На рисунке 6 представлены результаты расчетов освещенности на уровне рабочей плоскости для первого этажа блока Б.



Значения в Lux, Масштаб 1 : 313

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка:  
(-37.491 m, 30.434 m, 0.800 m)



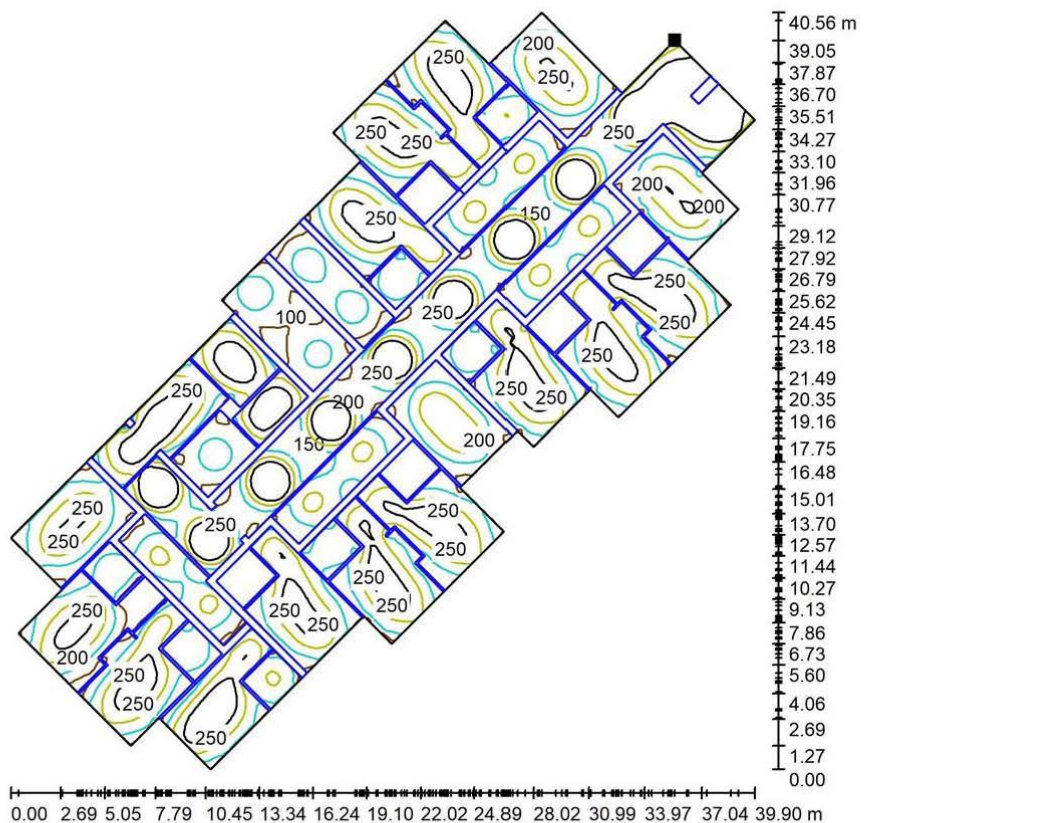
Растр: 128 x 128 Точки

$E_{\text{cp}}$ [lx]	$E_{\text{min}}$ [lx]	$E_{\text{max}}$ [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{cp}}$	$E_{\text{min}} / E_{\text{max}}$
197	46	448	0.233	0.103

Рисунок 6 - Результаты расчетов освещенности на уровне рабочей плоскости для первого этажа блока Б

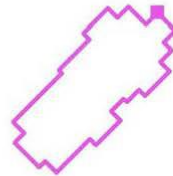
На рисунке 7 представлены результаты расчетов освещенности на уровне рабочей плоскости для первого этажа блока В.

1 этаж. Блок В / Рабочая плоскость / Изолинии (Е)



Значения в Lux, Масштаб 1 : 318

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка:  
(-76.926 m, 33.863 m, 0.800 m)



Растр: 128 x 128 Точки

$E_{\text{cp}}$ [lx]	$E_{\text{min}}$ [lx]	$E_{\text{max}}$ [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{cp}}$	$E_{\text{min}} / E_{\text{max}}$
196	9.70	498	0.050	0.020

Рисунок 7 - Результаты расчетов освещенности на уровне рабочей плоскости для первого этажа блока В

Удельные установленные мощности общего искусственного освещения по помещениям не превышают максимально допустимых величин, приведенных в таблице 9 СП 52.13330.2016.

Степень защиты светильников соответствует назначению помещений.

Групповые осветительные щитки устанавливаются на высоте 2,0 м от уровня пола, выключатели и розетки - на высоте 1,8 м.

Основные технические показатели наружного освещения:

- категория по надежности электроснабжения - 3;
- напряжение в сети наружного освещения 380/220 В;
- расчетная мощность электроосветительной установки  $P_p=4,4$  кВт
- годовой расход электроэнергии – 19,272 тыс. кВт·ч.

В качестве осветительных приборов для освещения подъездной дороги и территории объекта применяются светодиодные светильники наружного освещения ASTZ - ДТУ11-19-004 LED и ASTZ - ДКУ62-40-001 Champion 750, устанавливаемые на стальных опорах при помощи металлических кронштейнов односветильниковых и двухсветильниковых. В соответствии с положениями таблицы 26 СП 52.13330.2016 освещенность территории и основных проездов не менее 4 лк.

Электроснабжение и управление сети наружного освещения территории выполняется от шкафа управления ШНО, устанавливаемого на наружной стене проектируемого ГРЩ.

Питающая и распределительная сеть наружного освещения кабельная, выполняется кабелем АВБШв-1 кВ  $4 \times 16$  мм<sup>2</sup>, прокладываемым в земляной траншее. Ответвления к светильникам выполняются кабелем ВВГ-1 кВ, сечением  $3 \times 2,5$  мм<sup>2</sup>, без разрезания жил кабеля при помощи ответвительных сжимов. Металлические корпуса светильников зануляются присоединением отдельной жилы кабеля к нулевой жиле распределительной сети.

Световые указатели пожарного гидранта СУП устанавливаются в непосредственной близости от него на проектируемых опорах наружного освещения.

Светильники наружного освещения используются в качестве охранного освещения. В соответствии с положениями СП 52.13330.2016 уровень освещенности охранного освещения составляет не менее 0,5 лк. от уровня земли в горизонтальной плоскости или на уровне 0,5 м от земли на одной стороне вертикальной плоскости, перпендикулярной к линии границы.

## 1.8 Резервирование электроснабжения

Для приборов АПС, ОС, СОТ дополнительно предусмотрены резервные блоки питания с аккумуляторными батареями достаточной емкости, обеспечивающей необходимое время функционирования устройств и приборов.

Так же для электроснабжения панели противопожарных устройств в соответствии с СП 484.1311500.2020, п. 1 статьи 82 Федерального закона № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. применяется автономный резервный источник электроснабжения. В качестве автономного резервного источника электроснабжения применяется дизельная электростанция АД-100С-Т400-2РKM11 производства фирмы «Азимут». Дизель поставляется в шумозащитном корпусе второй степени автоматизации обеспечивающий автоматический запуск и останов электростанции при отключении и включении основной сети. Дизельная станция рассчитана на автономность работы минимум 8 часов.

Дизельный генератор 100 кВт в шумозащитном кожухе с автозапуском используется в качестве основного или резервного источника переменного трехфазного электрического тока напряжением 230/400 В и частотой 50 Гц для электроснабжения средних промышленных предприятий, строительных объектов, социальных учреждений, гостиниц, банков, небольших торговых центров.

Вторая степень автоматизации обеспечивает автоматический запуск и останов электростанции при отключении и включении основной сети.

Использование многоцилиндрового дизельного двигателя большого объема с радиаторным охлаждением и частотой оборотов 1500 об/мин обеспечивает высокую надежность и ремонтпригодность дизель генераторной установки.

Данная модель представляет собой промышленную дизельную электростанцию, предназначенную для постоянной эксплуатации.

В таблице 5 приведены основные технические характеристики выбранной дизельной электростанции АД-100С-Т400-2РКМ11.

Таблица 5 - Основные технические характеристики выбранной дизельной электростанции АД-100С-Т400-2РКМ11

Параметр	Значение параметра
Постоянная мощность	100 кВт / 125 кВА
Резервная мощность	110 кВт / 137,5 кВА
Напряжение	230 / 400 В
Частота	50 Гц
Количество фаз	трехфазная
Первичный дизельный двигатель	AZIMUT 6R650TDI
Синхронный генератор	AZIMUT Z274D
Контроллер	HGM6120
Исполнение	в шумозащитном кожухе
Степень автоматизации	2-я (АВР)
Габариты (Д × Ш × В)	3000 × 1100 × 1550 мм
Вес	1777 кг
Расход топлива при 100% нагрузке	28,5 л/час
Топливный бак	300 л
Автономность	мин. 8 часов
Гарантия	2 года

На стальной раме с виброопорами смонтированы:

- дизель генератор ДГУ в составе:
  - первичного шестицилиндрового дизельного двигателя водяного охлаждения с механической регулировкой частоты вращения AZIMUT 6R650TDI, объемом 6,75 литра и номинальной мощностью 110 кВт, с промышленным глушителем, стандартным радиаторным блоком охлаждения и подогревателем охлаждающей жидкости,

- синхронного бесщеточного генератора AZIMUT Z274D номинальной мощностью 100 кВт с автоматической регулировкой напряжения,
- шкаф управления с автоматическим выключателем, блоком автоматического ввода резерва (АВР) и контроллером HGM6120 с жидкокристаллическим дисплеем,
- комплект аккумуляторных батарей с сетевым зарядным устройством,
- стальной топливный бак интегрирован в конструкцию рамы,
- шумозащитный всепогодный кожух.

Выводы по разделу.

Электроснабжение электроприемников жилого корпуса осуществляется от трех ВРУ. В отношении надежности электроснабжения объект относится ко II категории электроснабжения, с частью электропотребителей I категории. Электроприёмники I категории надёжности и систем противопожарной защиты подключаются после устройства АВР на отдельные распределительные шкафы.

В качестве автономного резервного источника электроснабжения применяется дизельная электростанция АД-100С мощностью 100 кВт производства фирмы «Азимут».

Электроустановки в проекте приняты с глухозаземлённой нейтралью трансформатора – системы TN-C-S.

Распределительные сети внутри здания спроектированы по радиально-магистральной и радиальным схемам. Распределительные устройства максимально приближаются к потребителям. Распределительные секции ВРУ здания, а также ППУ оборудованы автоматическими выключателями с комбинированными расцепителями (тепловым и электромагнитным). Розеточные сети дополнительно защищены УЗО с отключением при дифференциальном токе 30 мА.



В качестве ВРУ здания принято стандартизованное блочное вводно-распределительное устройство производства ОАО «СОЭМИ».

Выполнено определение расчетных нагрузок по всем трем ВРУ и в целом по ГРЩ. Общая расчетная мощность по объекту составила  $P_p = 275$  кВт.

Прокладка взаиморезервируемых кабельных линий электроснабжения 0,4 кВ от ГРЩ-0,4 кВ до ВРУ потребителей выполняется в земляной траншее силовым кабелем марки АВБШв. Взаиморезервируемые кабельные линии к АВР прокладываются по отдельным трассам кабелем марки ВВГнг(А)-FRLSLTx. Эта марка кабеля используется также и для сетей аварийного освещения. Кабели к технологическому оборудованию, а также к электроосветительным приборам и розеткам по помещениям приняты ВВГнг(А)-LSLTx-0,66 кВ. Сечения кабелей выбраны по длительно допустимой токовой нагрузке, проверены по потере напряжения и на токи однофазного короткого замыкания.

Во ВРУ жилого корпуса на каждой секции шин устанавливаются установки компенсации реактивной мощности КРМ. В результате мероприятий по компенсации реактивной мощности результирующий  $\text{tg}\varphi \leq 0,35$ .

Молниезащита зданий выполнена путем наложения на кровлю молниеприемной сетки из стали круглой диаметром 8 мм, с шагом ячейки не более 20×20 м [21].

Расчет рабочего и аварийного освещения проектируемого здания выполнен по методу удельной мощности и коэффициента использования в программе Dialux. Для освещения помещений выбраны различные типы светодиодных светильников производства Varton.

В качестве осветительных приборов для освещения подъездной дороги и территории объекта выбраны светодиодные светильники наружного освещения ASTZ - ДТУ11 и ASTZ - ДКУ62.



## **2 Разработка мероприятий по энергосбережению и составление энергетического паспорта здания**

### **2.1 Мероприятия по обеспечению соблюдения требований к энергетической эффективности**

На основании требований Федерального закона от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении в отдельные законодательные акты Российской Федерации», проектными решениями предусмотрены следующие мероприятия:

- применение системы учета электроэнергии;
- максимальное приближение трансформаторной подстанции к вводно-распределительным устройствам электропотребителей объекта, а также распределительных этажных щитов и щитов освещения к нагрузкам внутри здания;
- автоматизация управления приводами вентиляции, блокировка их, исключающая холостую работу;
- автоматическое регулирование (в том числе по наружной температуре воздуха) температуры приточного воздуха в общеобменной вентиляции;
- в качестве обогрева помещений не используются электронагревательные приборы;
- регулирование температуры теплоносителя в системе отопления зданий объекта в зависимости от наружной температуры воздуха;
- применение светильников со светодиодным световым элементом;
- отдельное отключение светильников, расположенных вдоль окон;
- управление рабочим освещением в помещениях осуществляется выключателями, устанавливаемыми по месту;
- возможность отключения светильников по технологическим участкам;

- управление аварийным эвакуационным освещением осуществляется автоматически по сигналу от прибора пожарной сигнализации.

Экономия трудозатрат достигается:

- применением стандартизованных панелей ВРУ;
- применением комплектных и модульных распределительных устройств.

## 2.2 Составление энергетического паспорта здания

В таблицах 6-15 приведены данные энергетического паспорта здания, заполненные по материалам теплотехнической части проекта строительства и результатам, представленным в данной ВКР.

Таблица 6 – Общая информация

Назначение здания	Общественное
Этажность, количество секций	1-2-этажное (переменной этажности)
Размещение в застройке	Отдельно стоящее
Конструктивное решение	Многослойное

Таблица 7 – Расчетные условия

Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	$t_n$	°C	-24
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°C	-1,6
Продолжительность отопительного периода	$Z_{от}$	сут	206
Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°C·сут	4450
Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	$t_v$	°C	+20
Расчетная температура теплого чердака	$t_{черд}$	°C	-
Расчетная температура подвала	$t_{подп}$	°C	+5

Таблица 8 – Показатели геометрические

Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
Сумма площадей этажей здания	$A_{от}, м^2$	-	6988,9	-
Площадь жилых помещений	$A_{ж}, м^2$	-	-	-
Расчетная площадь (общественных зданий)	$A_{р}, м^2$	-	4016,8	-
Отапливаемый объем:	$V_{от}, м^3$	-	32766	-
Коэффициент остекленности фасада здания	f	-	0,09	-
Показатель компактности здания	$K_{комп}$	-	0,39	-
Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	$A_{н^{сум}}, м^2$	-	12910,3	-
Стена с основанием из силикатного кирпича	$A_{ст}, м^2$	-	4534,3	-
Перекрытие между 1этажом и подвалом	$A_{перек}, м^2$	-	3647,1	-
Окно (ориентация В)	$A_{ок}, м^2$	-	194,6	-
Окно (ориентация З)	$A_{ок}, м^2$	-	164,2	-
Окно (ориентация С)	$A_{ок}, м^2$	-	61	-
Окно (ориентация Ю)	$A_{ок}, м^2$	-	49,8	-
Покрытие	$A_{покр}, м^2$	-	4168,4	-
Наружные двери	$A_{дв}, м^2$	-	81,8	-

Таблица 9 – Показатели теплотехнические

Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
Стена с основанием из силикатного кирпича	$R_{ст}, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	1,86	2,8	-
Перекрытие между 1 этажом и подвалом	$R_{под}$	2,15	2,22	-
Окно	$R_{ок}$	0,63	0,65	-
Дверь входная	$R_{дв}$	0,78	0,8	-
Покрытие	$R_{пок}$	3,5	3,7	-

Таблица 10 – Показатели вспомогательные

Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное (проектное) значение
Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_{\text{общ}}$ , Вт/м <sup>2</sup> ·°С	-	0,36
Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_v$ , 1/ч	-	0,37
Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{\text{быт}}$ , Вт/м <sup>2</sup>	-	8,3
Тарифная цена тепловой энергии для проектируемого здания	$C_{\text{тепл}}$ , руб/кВт·ч	-	-

Таблица 11 – Удельные характеристики

Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное (проектное) значение
Удельная теплозащитная характеристика здания	$K_{\text{об}}$ , Вт/м <sup>3</sup> ·°С	-	0,14
Удельная вентиляционная характеристика здания	$K_{\text{вент}}$ , Вт/м <sup>3</sup> ·°С	-	0,11
Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$K_{\text{быт}}$ , Вт/м <sup>3</sup> ·°С	-	0,047
Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации	$K_{\text{рад}}$ , Вт/м <sup>3</sup> ·°С	-	0,011

Таблица 12 – Коэффициенты

Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение
Коэффициент эффективности рекуператора	$K_{\text{эф}}$	0,9

Таблица 13 – Комплексные показатели расхода тепловой энергии

Показатель	Обозначение и единица измерения	Значение показателя
Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{\text{от}}^p$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	0,206

Продолжение таблицы 13

Показатель	Обозначение и единица измерения	Значение показателя
Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^{TP}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	0,382
Соответствует ли проект здания нормативному требованию	-	Да

Таблица 14 – Энергетические нагрузки здания

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Значение показателя
Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q$	кВт·ч/(м <sup>3</sup> ·год)	22
		кВт/(м <sup>2</sup> ·год)	77
Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$Q_{от}^{год}$	кВт·ч/год	720878,2
Общие теплопотери здания за отопительный период	$Q_{общ}^{год}$	кВт·ч/год	874852,2

Выводы по разделу.

Определены мероприятия по обеспечению соблюдения требований к энергетической эффективности, основными из которых в части электросбережения являются: максимальное приближение ТП к ВРУ здания; автоматизация управления приводами вентиляции с исключением их холостую работу; применение светильников со светодиодным световым элементом и отдельное отключение светильников, расположенных вдоль окон.

Составлен энергетический паспорт здания по материалам теплотехнической части проекта строительства и результатам, представленным в данной ВКР.

## Заключение

Целью бакалаврской работы являлась разработка энергоэффективной системы электроснабжения строящегося жилого корпуса.

Электроснабжение электроприемников жилого корпуса осуществляется от трех ВРУ. В отношении надежности электроснабжения объект относится ко II категории электроснабжения, с частью электропотребителей I категории. Электроприёмники I категории надёжности и систем противопожарной защиты подключаются после устройства АВР на отдельные распределительные шкафы.

В качестве автономного резервного источника электроснабжения применяется дизельная электростанция АД-100С мощностью 100 кВт производства фирмы «Азимут».

Электроустановки в проекте приняты с глухозаземлённой нейтралью трансформатора – системы TN-C-S.

Распределительные сети внутри здания спроектированы по радиально-магистральной и радиальным схемам. Распределительные устройства максимально приближаются к потребителям. Распределительные секции ВРУ здания, а также ППУ оборудованы автоматическими выключателями с комбинированными расцепителями (тепловым и электромагнитным). Розеточные сети дополнительно защищены УЗО с отключением при дифференциальном токе 30 мА.

В качестве ВРУ здания принято стандартизованное блочное вводно-распределительное устройство производства ОАО «СОЭМИ».

Выполнено определение расчетных нагрузок по всем трем ВРУ и в целом по ГРЩ. Общая расчетная мощность по объекту составила  $P_p = 275$  кВт.

Прокладка взаиморезервируемых кабельных линий электроснабжения 0,4 кВ от ГРЩ-0,4 кВ до ВРУ потребителей выполняется в земляной траншее силовым кабелем марки АВБШв. Взаиморезервируемые кабельные линии к АВР прокладываются по отдельным трассам кабелем марки ВВГнг(А)-

FRLSLTx. Эта марка кабеля используется также и для сетей аварийного освещения. Кабели к технологическому оборудованию, а также к электроосветительным приборам и розеткам по помещениям приняты ВВГнг(А)-LSLTx-0,66 кВ. Сечения кабелей выбраны по длительно допустимой токовой нагрузке, проверены по потере напряжения и на токи однофазного короткого замыкания.

Во ВРУ жилого корпуса на каждой секции шин устанавливаются установки компенсации реактивной мощности КРМ. В результате мероприятий по компенсации реактивной мощности результирующий  $\text{tg}\varphi \leq 0,35$ .

Молниезащита зданий выполнена путем наложения на кровлю молниеприемной сетки из стали круглой диаметром 8 мм, с шагом ячейки не более  $20 \times 20$  м.

Расчет рабочего и аварийного освещения проектируемого здания выполнен по методу удельной мощности и коэффициента использования в программе Dialux. Для освещения помещений выбраны различные типы светодиодных светильников производства Varton.

В качестве осветительных приборов для освещения подъездной дороги и территории объекта выбраны светодиодные светильники наружного освещения ASTZ - ДТУ11 и ASTZ - ДКУ62.

Определены мероприятия по обеспечению соблюдения требований к энергетической эффективности, основными из которых в части электросбережения являются: максимальное приближение ТП к ВРУ здания; автоматизация управления приводами вентиляции с исключением их холостую работу; применение светильников со светодиодным световым элементом и отдельное отключение светильников, расположенных вдоль окон.

Составлен энергетический паспорт здания по материалам теплотехнической части проекта строительства и результатам, представленным в данной ВКР.

## Список используемой литературы

1. Абрамова Е. Я. Курсовое проектирование по электроснабжению: учебное пособие. Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ОГУ, 2014. 106 с.
2. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учеб. пособие. Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2017. 271 с.
3. Комиссаров Ю.А., Бабокин Г.И. Общая электротехника и электроника: учебник. 2-е изд., испр. и доп. М. : ИНФРА-М, 2017. 479 с.
4. Консталин. Электротехнический завод. URL: <http://www.konstalin.ru/?sid=3&ID=26> (дата обращения: 15.12.2022).
5. Кудрин Б.И. Электроснабжение: учебник. М.: Феникс, 2018. 382 с.
6. Кулеева Л.И., Митрофанов С.В., Семенова Л.А. Проектирование подстанции: учебное пособие. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. 111 с.
7. Куско А., Томпсон М. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества энергии. Саратов: Профобразование, 2017. 334 с.
8. Мельников М.А. Внутривзаводское электроснабжение: учеб. пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2014. 180 с.
9. Михайлов В.Е. Современная электросеть. СПб.: Наука и Техника, 2013. 256 с.
10. Правила устройства электроустановок ПУЭ-6 и ПУЭ-7. М.: Норматика, 2018. 462 с.
11. Сибикин Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов: учебное пособие. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. 384 с.
12. Сириус-2-Л и Сириус-21-Л URL: <https://www.rza.ru/catalog/zashchita-i-avtomatika-prisoedineniy-vvodov-i-bsk-dla-setey-6-35-kv/sirius-2-1-i-sirius-21-1.php> (дата обращения: 18.01.2023).



13. Старкова Л.Е. Справочник цехового энергетика: учебно-практическое пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2013. 352 с.
14. Ушаков В.Я., Чубик П.С. Потенциал энергосбережения и его реализация на предприятиях ТЭК: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2015. 388 с.
15. Хорольский В.Я., Таранов М.А., Петров Д.В. Технико-экономические расчеты распределительных электрических цепей: учебное пособие. М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. 96 с.
16. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. 3-е изд. М.: ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. 136 с.
17. Bobby Rauf S. Electrical Engineering for Non-electrical Engineers. Lulu Press. Inc, 2015. 235 p.
18. Bogdanov D., Farfan J., Sadovskaia K., Aghahosseini A., Child M., Gulagi A., Oyewo A.S., de Souza Noel Simas Barbosa L., Breyer C. Radical transformation pathway towards sustainable electricity via evolutionary steps // Nature Communications. 2019, №10 (1), p.p. 1077-1080.
19. IEEE Recommended Practice for Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and Commercial Power Systems. IEEE Std 551. NY: IEEE, 2013. 300 p.
20. Surya S., Wayne Beaty H. Standard Handbook for Electrical Engineers, Seventeenth Edition. McGraw Hill Professional, 2017. 368 p.
21. Yatsuk V., Mykyjchuk M., Bubela T. Ensuring the measurement efficiency in dispersed measuring systems for energy objects // Studies in Systems, Decision and Control. 2019. pp. 131-149.