

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)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Электроснабжение корпуса №2 лицея на 650 мест

Обучающийся

Е.В. Кулагина

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

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

Тольятти 2025

Аннотация

В бакалаврской работе были рассмотрены вопросы электроснабжения здания корпуса номер 2 лицея, расположенного в городе Уфа. Дана краткая характеристика установленных в здании силовых электроприемников, определены источники внешнего электроснабжения, которыми являются существующие двух трансформаторная подстанция и проектируемая автономная дизель-электрическая станция. В здании предусмотрено вводное распределительное устройство, а для потребителей первой категории выбран шкаф автоматического ввода резерва. Произведён расчёт ожидаемых максимальных электрических нагрузок по зданию лицея. Определены расчётные нагрузки отдельно по первой и второй категории в рабочем режиме и в режиме пожара. Выбраны типы кабелей в соответствии с условиями прокладки, рассчитаны их сечения по допустимой токовой нагрузке и выполнена проверка по потере напряжения как в нормальном так и в аварийных режимах. Выбраны номинальные токи и токи расцепителей автоматических выключателей, устанавливаемых для защиты электрической сети здания лицея. Приведён алгоритм работы автоматического ввода резерва. Определены мероприятия по энергосбережению, основным из которых является применение светодиодных источников света. Выполнен расчёт систем заземления и молниезащиты здания. Произведён расчёт системы рабочего освещения, выбраны типы используемых светильников в учебных помещениях и рекреациях, а также произведён расчёт необходимого количества для обеспечения требуемых норм освещённости на горизонтальных и вертикальных поверхностях. Рассмотрена система наружного освещения, выбраны прожекторы для установки на опорах наружного освещения.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 62 страницы текста и графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

Содержание

Введение	4
1 Характеристика внешних источников электроснабжения и выбор внутренней схемы электроснабжения.....	9
2 Расчет ожидаемых максимальных нагрузок по зданию лица.....	15
3 Требования к надежности электроснабжения и качеству поставляемой электроэнергии	23
4 Заземление и молниезащита здания лица	39
5 Выбор проводников и осветительной арматуры, применяемых в системе электроснабжения здания лица	45
6 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения в корпусе лица	47
Заключение	55
Список используемой литературы	59

Введение

Здание корпуса №2 лицея в г. Уфа рассчитано на 650 мест (обучающиеся 5-11 классов).

«Осуществление общеобразовательной деятельности, в соответствии с уровнями образования, определенными федеральным законом:

- основное общее образование (ООО) (5-9 классы) по 4 класса в параллели;
- среднее общее образование (СОО) (10-11 классы) по 3 класса в параллели. Обучение - в одну смену.

Наполняемость каждого класса – 25 человек.

Обучение школьников по программам основного общего образования и среднего общего образования осуществляется по классно-кабинетной системе.

В соответствии с вышеперечисленным, в здании предусмотрен следующий набор помещений:

Кабинеты:

- русский язык и литература – 5 кабинетов (в том числе 1 кабинет для СОО);
- математика – 5 кабинетов (в том числе 1 кабинет для СОО);
- история и обществоведение – 3 кабинета (в том числе 1 кабинет для СОО);
- кабинет ОДНК и культурологии – 1 кабинет;
- кабинет иностранного языка – 4 кабинета на пол класса (в том числе 1 кабинет для СОО);
- химия – 2 кабинета с лаборантскими, оборудованные системой принудительной вентиляции (1 кабинет для СОО);
- физика – 2 кабинета с лаборантскими (в том числе 1 кабинет для СОО);
- биология – 2 кабинета с лаборантскими;
- медико-биологический класс – 1 кабинет (для СОО);

- информатика – 2 кабинета с лаборантской (можно общей) (в том числе 1 кабинет для СОО);
- география – 1 кабинет с лаборантской;
- ОБЖ – 1 кабинет с лаборантской» [21].

Специализированные инженерно-технологические кабинеты (реализация профильного инженерно-технологического и физико - математического направлений):

- мобильная робототехника – 1 кабинет.
- прототипирование, 3D моделирование, инженерный дизайн CAD – 1 кабинет;
- «программирование и конструирование – 1 кабинет (для СОО);
- учебные мастерские для девочек с лаборантской и учебными местами: домоводство (кройки и шитья) – 1 помещение; кулинария (приготовление пищи) -1 помещение» [21];
- учебные мастерские для мальчиков с лаборантской и учебными местами: универсальная мастерская технологии работы с деревом, металлом – 1 помещение.

«Кабинеты художественно-эстетической и направленности:

- кабинет черчения/ИЗО – 1 кабинет с лаборантской;
- музыкальная студия - 1 кабинет (для СОО);
- вокальная студия для ВИА – 1 кабинет (для СОО);
- медиацентр – 1 кабинет (для СОО).

Учебные классы и кабинеты оснащены необходимым оборудованием в соответствии с назначением помещения. В состав учебных классов и кабинетов входит демонстрационная зона преподавателя, включающая интерактивную доску и проектор.

Демонстрационные столы в кабинетах физики, химии и биологии оборудуются подачей электричества и размещаются на подиуме. Кабинеты химии и лаборантские при них оборудуются вытяжными шкафами.

Компьютерные классы предназначены для теоретических и

практических занятий по существующим программам. Вместимость каждого класса – 13 мест, оснащенных одноместными компьютерными ученическими столами с компьютерами.

Кабинеты домоводства, мастерская трудового обучения предназначены для привития школьникам трудовых навыков. Универсальная мастерская по обработке дерева и металла имеет отдельный выход на улицу, оснащена ученическими верстаками (13 шт), токарным станком, сверлильным станком, фрезерным станком. Станки оборудованы местным освещением. Для обучения навыкам приготовления пищи, в кабинете домоводства предусматривается установка холодильников, электроплит, малогабаритного кухонного настольного оборудования» [21].

Швейная мастерская оборудована швейными машинами (13 шт), гладильной доской с утюгом. Швейные машины установлены вдоль окон с учетом обеспечения левостороннего естественного освещения на рабочую поверхность.

Комплекс оснащения помещений внеурочной деятельности является вариативным и включает: медиацентр (фото-видеостудия) – предназначен для развития навыков фотосъемки мероприятий, создание объявлений, коллажей, тематическая съемка. В рамках работы фотостудии ее участники осваивают навыки работы с цифровыми фото. Видеостудия – видеосъемка проводимых мероприятий, монтаж видеороликов профориентационной направленности, документально-публицистических фильмов патриотической направленности. Предусмотрено следующее оборудование: экран проекционный рулонный, автоматизированный; проектор ультракороткофокусный; беспроводная поворотная камера видеонаблюдения с возможностью передачи видео и звука по информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»; потолочный кронштейн с функциями наклона и поворота для крепления одного телевизора; электронный стабилизатор видеосъемки; петличный микрофон; накамерный микрофон; радиомикрофон выносной, синхронизируемый с камерой; цифровой фотоаппарат с функцией видеосъемки; диктофон;

осветительное оборудование и хромакейный фон.

Музыкальная студия-предусмотрена для групповых занятий с классом уроками музыки. Вокальная студия- предназначена для развития и отработки вокальным и творческим номеров, имея мобильное кружковое пространство для организации данного процесса предусмотрены: акустическое фортепиано, другое музыкальное оборудование.

Актальный зал размещается на третьем этаже Блока 3 и рассчитан на 330 мест, (в т.ч. 2 места для инвалидов группы мобильности М4) и связанный с фойе. В состав оснащения входит экран с электроприводом и проектор.

В медицинских помещениях стоматологический кабинет оснащен комплексной стоматологической установкой, для своевременной диагностики, чистки и лечению зубов и полости рта.

Для обеззараживания воздуха помещений медицинского блока в работе предусмотрена установка бактерицидных рециркуляторов.

«Административные помещения в количестве 11 кабинетов оснащены необходимой компьютерной техникой. Все рабочие места учителей, АУП, УВП оборудованы компьютерами, подключенными к единой локально вычислительной сети с выходом в интернет.

В подвале здания предусмотрено помещение для установки холодильных шкафов. Для транспортировки продуктов в подвал запроектирован подъемник грузоподъемностью 1000 кг. Помещение загрузочной обеспечено весами напольными (150 кг).

Для первичной обработки овощей предусмотрено помещение, оснащенное картофелеочистительной машиной. Овощной цех предназначен для доочистки овощей, мойки и их нарезки. Цех оборудован овощерезкой, холодильным шкафом» [21].

В мясо-рыбном цехе предусмотрены отдельные линии для приготовления мясных и рыбных полуфабрикатов. Цех оснащен холодильными шкафами, мясорубкой.

«Горячий цех оборудован 2-мя шестиконфорочными электроплитами,

двумя электродкотлами (емкостью по 160 л), двумя пароконвектоматами, холодильным шкафом, электрокипятильником.

Для приготовления выпечки предусмотрены: мукопросеиватель 40л, тестомес (объем – 60л.), шкаф расстоечный и печь конвекционная.

Из горячего цеха (помещение 1.3.1) вынесена линия мучного цеха в отдельное помещение (помещение 1.3.4.1), в составе, мукопросеивателя каскад и тестомеса» [2].

Холодный цех оснащен столами с охлаждаемым объемом, холодильным шкафом, бактерицидным облучателем.

«Все помещения оснащены в соответствии с назначением необходимым оборудованием, работающим на электроэнергии.

Для создания комфортных условий труда в горячем цехе над тепловым оборудованием предусмотрена установка местных вентиляционных отсосов.

Среди помещений вспомогательного назначения предусмотрена серверная – 1 помещение (с системой принудительной вентиляции)» [23].

Комната приема пищи сотрудников оснащена холодильным шкафом, микроволновой печью и электрочайником.

Для контроля и обнаружения проникновения посторонних лиц на объект предусмотрена установка систем охранного телевидения, видеонаблюдения, охранной и тревожной сигнализации, экстренной связи, система контроля и управления доступом на объекте (СКУД), охранного освещения. Главные входы в здание оборудуются арочными металлодетекторами и турникетами с электронной пропускной системой.

Цель бакалаврской работы заключается в разработке надежной и экономичной системы электроснабжения нового корпуса лицея, позволяющей обеспечить выполнение требований к безопасности персонала и обучающихся, надежности электроснабжения отдельных групп электроприемников и качество электрической энергии.

1 Характеристика внешних источников электроснабжения и выбор внутренней схемы электроснабжения

В соответствии с заданием на выполнение бакалаврской работы максимальная разрешённая мощность всех электроприёмников здания не должна быть больше чем 330,6 кВт.

«Класс напряжения электрических сетей, к которым осуществляется технологическое присоединение - 0,38кВ.

По степени обеспечения надежности электроснабжения лицей относится: ко II категории по надежности электроснабжения (к I категории относятся противопожарные устройства, аварийное освещение, лифты). 292,4 кВт – потребители II категории; 38,2 кВт - потребители I категории. От сетей АО «РЭС» обеспечивается II категория надежности электроснабжения, I категория по надежности электроснабжения обеспечивается заказчиком за счет установки автономного источника питания ДЭС» [4], [18].

Исходя из имеющихся данных о имеющихся двух точках распределения и третьей планируемой, распределение нагрузок по точкам питания выглядит следующим образом:

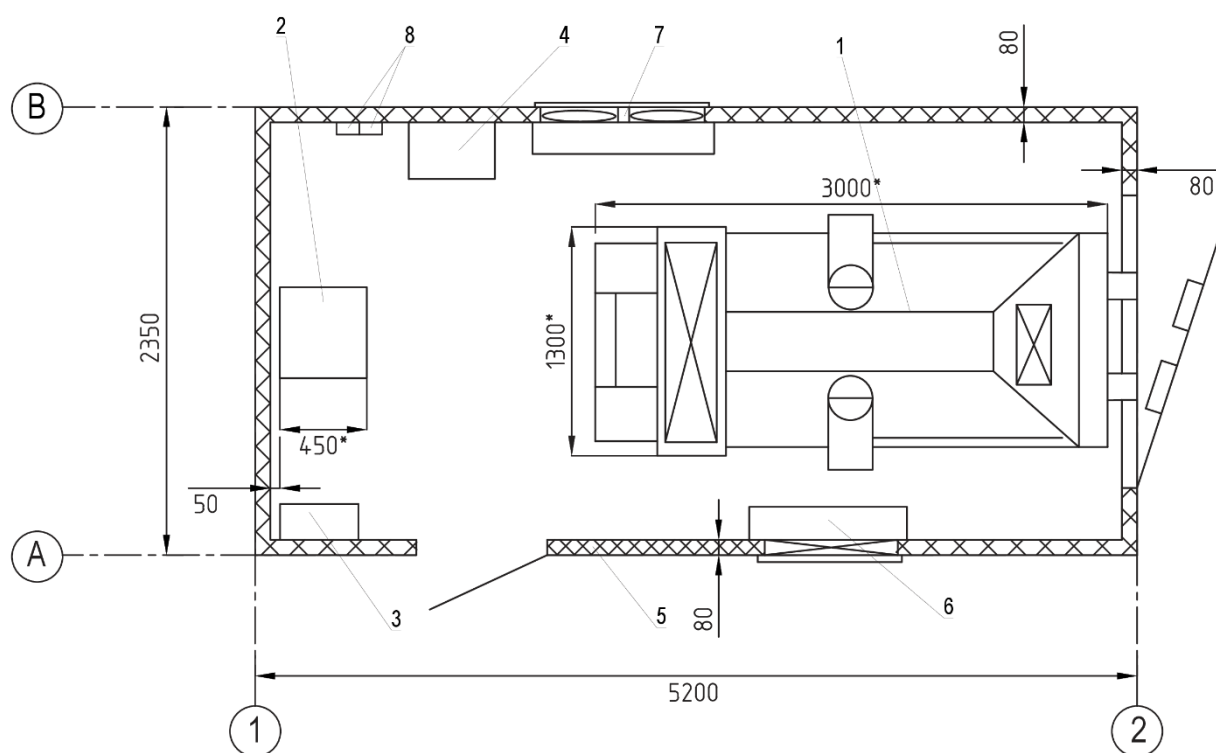
- 1 точка присоединения: секция Т1 РУ-0,4кВ, ТП-1873: максимальная мощность 330,6 кВт;
- 2 точка присоединения: секция Т2 РУ-0,4кВ, ТП-1873: максимальная мощность 330,6 кВт;
- 3 точка присоединения: ШУ-0,4кВ, ДЭС резервная: максимальная мощность 200,0 кВт (режим пожара).

Резервным источником питания для I категории надежности электроснабжения является проектируемая ДЭС типа АД 250-Т400-2РБК 250кВт с выходным напряжением 400В.

Существующая ТП-1873 находится в собственности сетевой организации в 16 м от границы земельного участка лицея. Подстанция двухтрансформаторная с трансформаторами Т1 и Т2 мощностью по 630кВА

напряжением 6/0,4кВ с глухозаземленной нейтралью, с соединением обмоток трансформатора Y/Yo.

Проектируемая дизельная электростанция типа АД 250-Т400-2РБК (собственность заказчика) мощностью 250кВт, 400В, позиция 4 на генплане. ДЭС, представляет собой утепленное здание, блок – контейнер, типа «Север», полной заводской готовности, план компоновки электрооборудования приведен на рисунке 1.



1 - дизель-генератор АД 250-Т400-2РБК, 250/313 кВт/кВА, 0,4кВ.; 2 - шкаф управления ШУ ДГУ, 0,4кВ; 3 - щит собственных нужд, ЩСН, Рр=5,0кВт, 0,4кВ: осветительная сеть, система отопления, «вентиляция, зарядка АКБ; 4 - щит системы автоматического пожаротушения АСПТ; 5 - электротехнический модуль, заводской готовности типа «Север»; 6 - клапан впускной с приводом, 0,38кВ; 7 - клапан вытяжной с вентилятором и приводом, 0,38кВ; 8 - приборы систем ПС и ОС» [9]

Рисунок 1 – План компоновки электрооборудования ДЭС

«Здание оснащено всеми системами жизнеобеспечения (электрообогрев с терморегуляторами, вентиляция с впускными / выпускными клапанами с

электроприводами, охранно-пожарная сигнализация, система автоматического пожаротушения, рабочее и аварийное освещение)» [14]. Степень огнестойкости контейнера – II, класс конструктивной пожарной опасности – С0.

Дизельная электростанция установлена на территории лицея на железобетонном фундаменте. В таблице 1 приведены основные технические характеристики ДЭС.

Таблица 1 – Основные технические характеристики ДЭС

Наименование	Модель станции
	АД 250-Т400-2РБК
Максимальная мощность, кВА/кВт	344 / 275
Номинальная мощность, кВА/кВт	313 / 250
Номинальное напряжение, В	400
Частота тока, Гц	50
Коэффициент мощности, cosφ	0,8
Число оборотов, об/мин.	1500
Тип охлаждения	радиаторный
Расход топлива при 75% нагрузке, л/ч	40,0
Расход топлива при 100% нагрузке, л/ч	54,5
Емкость топливного бака, л	700
Объем масла в ДГУ, л	26,0
Тип системы заземления, режим нейтрали	TN-C-S, глухозаземленная
Система запуска	электростартерная
Степень автоматизации	2
Исполнение	контейнерное
Габаритные размеры L × B × H, мм	5200×2350×2520
Масса ДЭС без контейнера, кг	5250
Климатическое исполнение	УХЛ1

Питающие кабельные линии (КЛ-0,4кВ) с маркировкой н0-1, н0-2, н0-3 состоящие из 2-х кабелей и имеют в маркировке, буквенные индексы «а», «б», соответственно. КЛ-0,4кВ от ТП и проектируемой ДЭС до проектируемых вводных устройств лицея прокладывается в траншее на глубине -0,7м с защитой кирпичом участках трассы, где возможны разрывы. При строительстве траншей через спортивную площадку (к электрощитовой здания, помещение 0.1.14, расположенную в 1 блоке, в подвальном этаже здания на отм. -3,070, в осях А1; Б1 / 8; 9) необходимо заложить 4 гильзы из

ПНД (полиэтиленовой) трубы диаметром 160мм для прокладки питающих кабелей. При пересечении всех проектируемых кабельных трасс с другими инженерными сетями, кабели защищаются так же, технической ПНД трубой диаметром 160мм. Над ПНД трубами, в траншеях укладывается сигнальная лента.

Здание корпуса 2 лица, состоит из 3 блоков, соединенных между собой в единый объект, и имеет 1 электрощитовую, расположенную в помещении 0.1.14 в 1 блоке, в подвальном этаже здания на отметке -3,070, в осях А1; Б1 / 8; 9, с категорией по пожарной безопасности В4 / П-Па. Для удобства поиска электрооборудования в работе были приняты цифры в маркировке вводных устройств, шкафов, щитков, первая цифра которых обозначает принадлежность к блоку с соответствующим номером.

Электроснабжение электропотребителей лица предусматривается: от 1 проектируемого вводно-распределительного устройства, двухсекционного, с межсекционным выключателем, с маркировкой ВРУ-1, размещенного в электрощитовой. ВРУ-1 состоит из 1 вводной панели ВУ-1, и 2 распределительных РУ-1, РУ-2 (IP54) панелей. Общий вид ВРУ-1 представлен на рисунке 2.

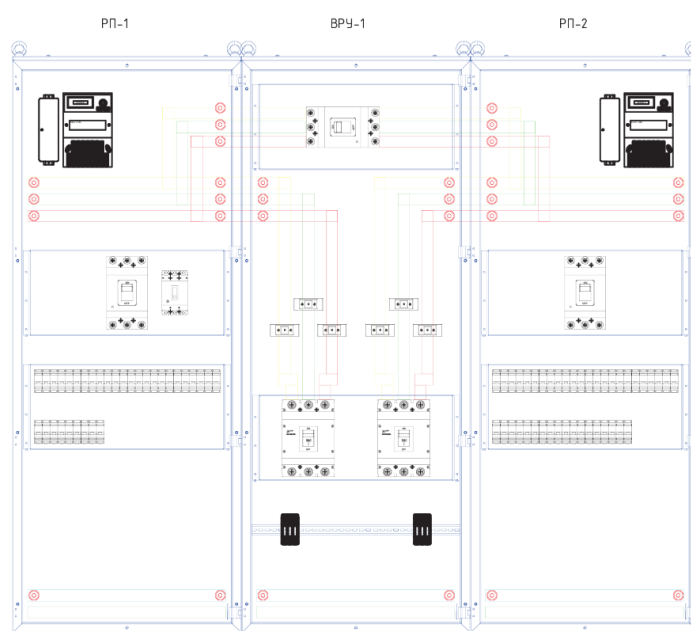


Рисунок 2 - Общий вид ВРУ-1

«Для потребителей I категории лица принято одно много-панельное низковольтное комплектное устройство с АВР (автоматическим вводом резерва) с маркировкой ШАВР-1. Шкаф состоит из 3 вводных панелей и 1 распределительной панели питания электрооборудования систем противопожарной защиты (ПЭСПЗ)» [17]. Передняя дверь панели ПЭСПЗ устройства (шкафа) ШАВР-1 2 (IP54) имеет отличительный красный окрас корпуса RAL3001. Общий вид ШАВР-1 представлен на рисунке 3.

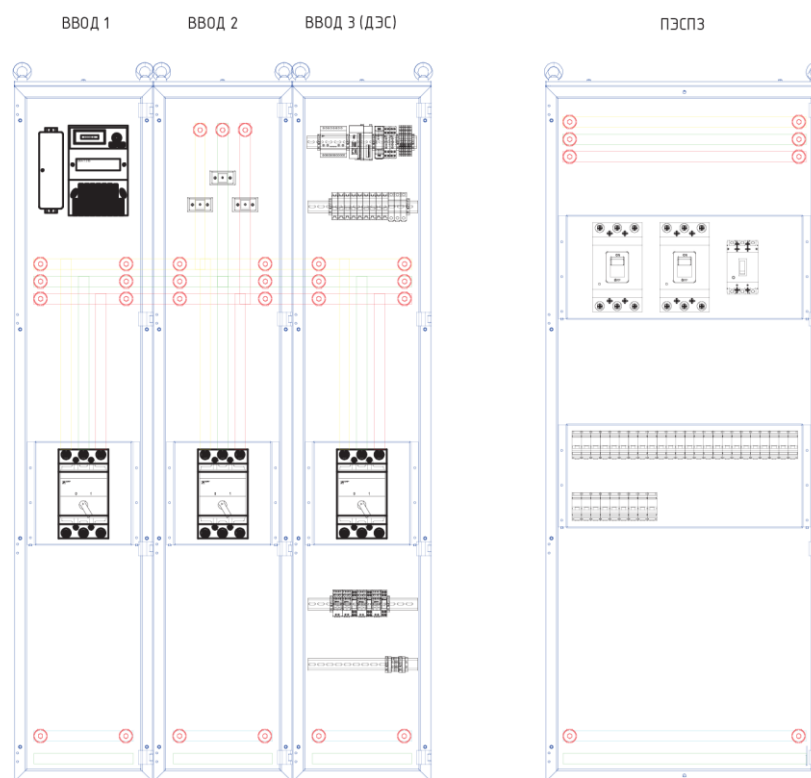


Рисунок 3 - Общий вид ШАВР-1

Выводы по разделу.

«По степени обеспечения надежности электроснабжения лиц относится: ко II категории по надежности электроснабжения (к I категории относятся противопожарные устройства, аварийное освещение, лифты)» [18]. От сетей АО «РЭС» обеспечивается II категория надежности электроснабжения, I категория по надежности электроснабжения обеспечивается заказчиком за счет установки автономного источника питания

ДЭС типа АД 250-Т400-2РБК мощностью 250кВт.

Здание корпуса 2 лица, состоит из 3 блоков, соединенных между собой в единый объект, и имеет 1 электрощитовую, расположенную на подвальном этаже здания.

Электроснабжение электропотребителей лица предусматривается: от 1 проектируемого вводно-распределительного устройства, двухсекционного, с межсекционным выключателем, с маркировкой ВРУ-1, размещенного в электрощитовой. ВРУ-1 состоит из 1 вводной панели ВУ-1, и 2 распределительных РУ-1, РУ-2 панелей.

«Для потребителей I категории лица принято одно много-панельное низковольтное комплектное устройство с АВР с маркировкой ШАВР-1. Шкаф состоит из 3 вводных панелей и 1 распределительной панели питания электрооборудования систем противопожарной защиты (ПЭСПЗ)» [17].

2 Расчет ожидаемых максимальных нагрузок по зданию лица

«Основными потребителями электроэнергии являются:

- технологическое оборудование пищеблока (печи, холодильники);
- противопожарные системы;
- лифты;
- технологическое учебное оборудование (компьютеры, принтеры, лабораторные шкафы);
- система вентиляции и кондиционирования, тепловые завесы;
- система теплоснабжения;
- электрическое освещение;
- розеточные сети» [16].

Расчет электрических нагрузок выполнен в соответствии с СП 256.1325800. 2016, изм.5 от 01.03.2022.

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [20]:

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

где $K_{c.p}$ - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.p}$ - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт (в том числе для подключения оргтехники);

n - число розеток» [20].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{p.o}$, следует определять по формуле» [20]:

$$P_{p.o} = P'_{p.o} + P_{p.p}, \quad (2)$$

где « $P'_{p.o}$ - расчетная нагрузка линий общего освещения;

$P_{p.p}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [20].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, следует определять по формуле» [20]:

$$P_{p.c} = K_c \cdot P_{y.c}, \quad (3)$$

где « K_c - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [20].

«Расчетную электрическую нагрузку питающих линий и вводов в рабочем и аварийном режимах при совместном питании силовых электроприемников и освещения P_p , следует определять по формуле» [20]:

$$P_p = K(P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}), \quad (4)$$

где « K - коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов нагрузок силовых электроприемников, включая холодильное оборудование и освещение;

K_1 - коэффициент, зависящий от отношения расчетной электрической нагрузки освещения к нагрузке холодильного оборудования холодильной станции;

$P_{p.o}$ - расчетная электрическая нагрузка освещения;

$P_{p.c}$ - расчетная электрическая нагрузка силовых электроприемников без холодильных машин систем кондиционирования воздуха;

$P_{p.x.c}$ - расчетная электрическая нагрузка холодильного оборудования систем кондиционирования воздуха» [20].

Полученные в результате определения расчётных электрических нагрузок данные, а также сведения об установленном электрооборудовании в здании корпуса номер 2 лица представим в табличном виде и сведём в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты расчета электрических нагрузок по здания корпуса №2 лица

Исходные данные							Расчетные величины			Эффективное число ЭП n_e	Коэффициент расчетной нагрузки K_p	Расчетная мощность			Расчетный ток, А I_p	Электроэнергия	
По заданию технологов				По справочным данным			$K_n \cdot P_n$	$K_n \cdot P_n \cdot \operatorname{tg}\varphi$	$n \cdot p_n^2$			Активная, кВт P_p	Реактивная, квар Q_p	Полная, кВА S_p		Число часов работы T , час.	Расход электроэнергии, кВт·час W
Наименование ЭП	Количество ЭП, шт., n	Номинальная (установленная) мощность, кВт		Коэффициент использования K_n	Коэффициент реактивной мощности												
		Одного ЭП p_n	Общая $P_n=n \cdot p_n$			$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Вводно-распределительное устройство ВРУ-1 (II категория)																	
Технологическое оборудование	1	175,60	175,60	0,3	0,98	0,20	52,68	10,54	30835,36	-	-	-	-	-	-	-	-
Вычислительных машин (без технологического кондиционирования)	149	0,50	74,50	0,4	0,95	0,33	29,80	9,83	37,25	-	-	-	-	-	-	-	-
Технологическое лабораторное оборудование	1	127,80	127,80	0,15	0,95	0,33	19,17	6,33	16332,84	-	-	-	-	-	-	-	-
Рукосушители	50	1,25	62,50	0,15	0,99	0,14	9,38	1,31	78,13	-	-	-	-	-	-	-	-
Технологическое оборудование пищеблока	1	212,90	212,90	0,3	0,98	0,20	63,87	12,77	45326,41	-	-	-	-	-	-	-	-
Сантехническое оборудование, системы кондиционирования воздуха. (Вентиляция, Лето)	1	131,42	131,42	0,45	0,80	0,75	59,14	44,36	17271,22	-	-	-	-	-	-	-	-
Освещение рабочее	1	64,90	64,90	0,78	0,95	0,33	50,62	16,70	4212,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Наружное освещение. ЩНО1, ЩНО2	1	7,90	7,90	1	0,95	0,33	7,90	2,61	62,41	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Собственные нужды ЦСН (ДЭС)	1	5,00	5,00	0,9	0,95	0,33	4,50	1,49	25,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого вводно-распределительное устройство ВРУ-1	-	-	862,5 2	0,339	0,94	0,36	297,0 6	105,9 4	11418 0,63	7	1,00	292,4	115,7 9	314,4 9	477,8	3200	93568 0,00
Вводно-распределительное устройство ШАВР-1 (I категория)																	
Аварийное освещение ЦОА1.0...ЦОА3.3	1	9,90	9,90	1	0,95	0,33	9,90	3,27	98,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Лифты грузопассажирские г.п 1000кг	3	6,80	20,40	0,8	0,90	0,48	16,32	7,83	138,7 2	-	-	-	-	-	-	-	-
Нагрузки ИТП	1	1,60	1,60	1	0,90	0,48	1,60	0,77	2,56	-	-	-	-	-	-	-	-
Система ПС	1	1,00	1,00	1	0,95	0,33	1,00	0,33	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Система ОС	1	1,00	1,00	1	0,95	0,33	1,00	0,33	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Система СКУД (Электрозамки)	1	4,50	4,50	0,5	0,98	0,20	2,25	0,45	20,25	-	-	-	-	-	-	-	-
Система оповещения при пожаре СОУЭ	1	2,00	2,00	1	0,95	0,33	2,00	0,66	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Система СС	1	4,00	4,00	1	0,90	0,48	4,00	1,92	16,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Система вызова помощи МГН	1	0,40	0,40	0,2	0,95	0,33	0,08	0,03	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-
Шкаф клапанов ОЗК, UZ	1	0,30	0,30	1	0,80	0,75	0,30	0,23	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-
Шкаф диспетчеризации, ШД	1	0,50	0,50	1	0,80	0,75	0,50	0,38	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
Вентиляция дымоудаления и подпора	1	175,4	175,4 0	1	0,80	0,75	175,4 0	131,5 5	30765 ,16	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого ШАВР-1, рабочий режим	-	-	45,60	0,840	0,92	0,42	38,95	16,20	282,0 4	7	1,00	38,2	17,70	42,10	64,0	3200	12224 0,00
Итого ШАВР-1, режим «Пожар»	-	-	215,4 0	1,00	0,85	0,41	35,25	14,51	266,1 3	1	1,00	215,4	97,15	236,2 9	359,0	-	-
Итого по объекту:	-	-	908,1 2	0,364	0,94	0,36	336,0 1	122,1 4	11446 2,67	7	1,00	330,6	130,9 0	355,5 7	540,2	3200	10579 20,00

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Сантехническое оборудование, системы кондиционирования воздуха. (Вентиляция, Лето)																	
Шкаф ШВ1																	
Приточный вентилятор	1	7,5	7,50	1	0,80	0,75	7,50	5,63	56,25	-	-	-	-	-	-	-	-
Тепловая завеса	2	9	18,00	0,86	0,95	0,33	15,48	5,11	162,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого ШВ1 (лето)	-	-	7,50	1,00	0,80	0,75	7,5	5,63	56,25	1	1,00	7,50	6,19	9,72	148	-	-
Итого ШВ1 (зима)	-	-	25,50	0,90	0,91	0,47	22,98	10,74	218,25	3	0,95	21,80	11,87	24,82	37,7	-	-
Шкаф ШВ2																	
Приточный вентилятор	1	4	4,00	0,5	0,80	0,75	2,00	1,50	16,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Приточный вентилятор	1	2,2	2,20	0,5	0,80	0,75	1,10	0,83	4,84	-	-	-	-	-	-	-	-
Догреватель электрический	1	2	2,00	0,5	0,95	0,33	1,00	0,33	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Догреватель электрический	1	1,5	1,50	0,5	0,95	0,33	0,75	0,25	2,25	-	-	-	-	-	-	-	-
Приточный вентилятор	1	0,75	0,75	0,5	0,80	0,75	0,38	0,29	0,56	-	-	-	-	-	-	-	-
Приточный вентилятор	2	1,1	2,20	0,5	0,80	0,75	1,10	0,83	2,42	-	-	-	-	-	-	-	-
Догреватель электрический	1	3	3,00	0,5	0,95	0,33	1,50	0,50	9,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Догреватель электрический	2	2	4,00	0,5	0,95	0,33	2,00	0,66	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Догреватель электрический	1	3	3,00	0,5	0,95	0,33	1,50	0,50	9,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Тепловая завеса	1	6	6,00	0,5	0,95	0,33	3,00	0,99	36,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	1	0,94	0,94	0,5	0,80	0,75	0,47	0,35	0,88	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	1	0,23	0,23	0,5	0,80	0,75	0,12	0,09	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	2	0,295	0,59	0,5	0,80	0,75	0,30	0,23	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	3	0,157	0,47	0,5	0,80	0,75	0,24	0,18	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	2	0,06	0,12	0,5	0,80	0,75	0,06	0,05	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	2	0,105	0,21	0,5	0,80	0,75	0,11	0,08	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого ШВ2 (лето)	-	-	11,71	0,50	0,80	0,75	5,88	4,43	25,02	5	0,95	5,56	4,83	7,36	11,2	-	-
Итого ШВ2 (зима)	-	-	31,21	0,50	0,90	0,49	15,63	7,66	93,27	10	0,95	14,82	8,41	17,04	25,9	-	-
Шкаф ШВ3																	
Приточный вентилятор	2	2,2	4,40	0,6	0,80	0,75	2,64	1,98	9,68	-	-	-	-	-	-	-	-
Приточный вентилятор	1	4	4,00	0,6	0,80	0,75	2,40	1,80	16,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	1	4	4,00	0,6	0,80	0,75	2,40	1,80	16,00	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Роторный рекуператор	1	0,09	0,09	0,6	0,95	0,33	0,05	0,02	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Приточный вентилятор	1	5,5	5,50	0,6	0,80	0,75	3,30	2,48	30,25	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	1	3	3,00	0,6	0,80	0,75	1,80	1,35	9,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Роторный рекуператор	1	0,09	0,09	0,6	0,95	0,33	0,05	0,02	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Компрессорно-конденсаторный блок	1	4,1	4,10	0,6	0,80	0,75	2,46	1,85	16,81	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	1	0,157	0,16	0,6	0,80	0,75	0,10	0,08	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого ШВЗ (лето)	-	-	25,34	0,60	0,80	0,75	15,2	11,38	97,78	7	0,95	14,44	12,54	19,12	29,0	-	-
Итого ШВЗ (зима)	-	-	21,24	0,60	0,80	0,75	12,74	9,53	80,97	6	0,95	12,11	10,51	16,03	24,4	-	-
Шкаф ШВ4																	
Вытяжной вентилятор	3	1,7	5,10	0,6	0,80	0,75	3,06	2,30	8,67	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	1	0,295	0,30	0,6	0,80	0,75	0,18	0,14	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	1	0,157	0,16	0,6	0,80	0,75	0,10	0,08	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	1	3	3,00	0,6	0,80	0,75	1,80	1,35	9,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	1	0,105	0,11	0,6	0,80	0,75	0,07	0,05	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Сплит-система кондиционирования	2	4,65	9,30	0,48	0,80	0,75	4,46	3,35	43,25	-	-	-	-	-	-	-	-
Сплит-система кондиционирования	4	5,7	22,80	0,48	0,80	0,75	10,94	8,21	129,96	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого ШВ4 (лето)	-	-	40,77	0,51	0,80	0,75	20,61	15,48	191	9	0,95	19,75	17,15	26,16	39,7	-	-
Итого ШВ4 (зима)	-	-	8,67	0,60	0,80	0,75	5,21	3,92	17,79	4	0,95	4,94	4,29	6,54	9,9	-	-
Шкаф ШВ5																	
Вытяжной вентилятор	3	0,295	0,89	0,5	0,80	0,75	0,45	0,34	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	2	0,94	1,88	0,5	0,80	0,75	0,94	0,71	1,77	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	1	0,06	0,06	0,5	0,80	0,75	0,03	0,02	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	1	0,23	0,23	0,5	0,80	0,75	0,12	0,09	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	4	0,55	2,20	0,5	0,80	0,75	1,10	0,83	1,21	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	2	0,071	0,14	0,5	0,80	0,75	0,07	0,05	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	2	1,7	3,40	0,5	0,80	0,75	1,70	1,28	5,78	-	-	-	-	-	-	-	-
Вытяжной вентилятор	2	2,5	5,00	0,5	0,80	0,75	2,50	1,88	12,50	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Сплит-система кондиционирования	6	4,65	27,90	0,5	0,80	0,75	13,95	10,46	129,7 4	-	-	-	-	-	-	-	-
Сплит-система кондиционирования	2	2,2	4,40	0,5	0,80	0,75	2,20	1,65	9,68	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого ШВ5 (лето)	-	-	46,10	0,50	0,80	0,75	23,06	17,31	161	13	0,95	21,90	17,29	27,90	42,4	-	-
Итого ШВ5 (зима)	-	-	18,20	0,50	0,80	0,75	9,11	6,85	31,26	11	0,95	8,65	6,83	11,02	16,7	-	-
Итого вентиляция (лето)	-	-	131,4 2	0,45	0,80	0,75	72,25	54,23	531,0 5	33	0,95	56,18	44,35	71,58	108,8	-	-
Итого вентиляция (зима)	-	-	104,8 2	0,45	0,86	0,59	65,67	38,7	441,5 4	25	0,95	44,81	27,83	52,75	80,1	-	-

Выводы по разделу.

По результатам расчетов установленная мощность по объекту, общая (I и II категории) составляет: $P_p = 908,1$ кВт.

В результате расчётов максимальной ожидаемой нагрузки по зданию корпуса номер два лица при нормальном режиме работы установленных в нем электроприемников расчетная нагрузка составит: $P_p = 330,6$ кВт.

В том числе:

- расчетная мощность II-й категории надежности (рабочий режим):
 $P_p = 292,4$ кВт.
- расчетная мощность I-й категории надежности (рабочий режим): $P_p = 38,2$ кВт.
- расчетная мощность I-й категории надежности (режим пожар): $P_p = 211,0$ кВт.

3 Требования к надежности электроснабжения и качеству поставляемой электроэнергии

«Потребители лица относятся к потребителям I и II категории по надежности электроснабжения.

К потребителям I категории относятся:

- аварийное освещение;
- лифты грузопассажирские;
- противодымная вентиляция СПДВ;
- оборудование теплового пункта ИТП;
- оборудование систем связи СС;
- оборудование пожарной ПС и охранной сигнализации ОС;
- оборудование системы оповещения СОУЭ;
- оборудование системы контроля и управления доступомСКУД» [15];
- оборудование управления огне-задерживающими клапанами.

Все остальные потребители относятся ко второй категории электроснабжения.

Питание потребителей первой категории надежности электроснабжения, преимущественно это нагрузки системы противопожарной защиты СПЗ, за исключением ШУТП и лифта ЛЗ не предназначенного для перевозки пожарных бригад, выполнено от шкафа с АВР, ШАВР-1 панели ПЭСПЗ.

На объекте отсутствуют потребители, искажающие качество электроэнергии. Отклонение напряжения и частоты не превышает нормально допустимых значений. Потеря напряжения в линиях соответствует нормально допустимым значениям.

Для поддержания требуемого качества электроэнергии в электросетях заявителя выполнен ряд мер.

«Сечения проводов и кабелей выбраны по допустимой токовой нагрузке,

по допустимой потере напряжения как в нормальном, так и в аварийном режимах и проверены на возможность отключения 1-фазного КЗ. Все сети выполняются кабелями с медными жилами, что увеличивает пропускную способность и уменьшает потери электроэнергии в сетях» [1], [3].

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [11]:

$$I_{\text{до}} = I_{\text{ном.до}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (5)$$

где « k_1 - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды;

k_2 - поправочный коэффициент на термическое сопротивление грунта;

k_3 - поправочный коэффициент на количество групп кабелей;

k_4 - поправочный коэффициент на способ прокладки кабелей» [11].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле» [11]:

$$U = \frac{I_{\text{расч}} \cdot L \cdot R_{\text{уд}}}{S}, \quad (6)$$

где « $I_{\text{расч}}$ - расчетный ток, А;

L - длина линии, м;

$R_{\text{уд}}$ - удельное сопротивление проводника, Ом/м;

S - сечение провода, мм» [11].

Фактические потери и колебания напряжения меньше допустимых.

Для предотвращения несимметричных режимов токов и напряжений подключение однофазных нагрузок к трехфазной сети предусмотрено максимально равномерное по всем трем фазам, на схемах однофазные подключения обозначены L1, L2, L3.

«Электроустановки, применяемые в здании, соответствуют классу помещения по пожарной опасности, в которой они установлены. Кабели для

противопожарных устройств прокладываются отдельно от остальных кабелей по самостоятельным трассам и сохраняют работоспособность в условиях пожара в течение времени, необходимого для полной эвакуации людей.

В схеме электроснабжения применена система заземления TN-C-S (ПУЭ, п. 7.1.13) с устройствами защитного отключения на отходящих линиях штепсельных розеток для административных помещений - 30mA, которые осуществляют защиту от поражения электрическим током, мгновенно отключая электрическую цепь как при контакте людей с токоведущими частями, так и при пробое изоляции на заземленный корпус. Защита от коротких замыканий и перегрузок осуществляется автоматическими выключателями» [24].

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

– по номинальному напряжению» [11]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (7)$$

– «по номинальному току» [11]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (8)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [11]:

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)},, \quad (9)$$

где « $I_{КЗ}^{(3)}$ – периодическая составляющая трехфазного тока КЗ» [11].

«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 зависимостью от тока характеристикой.

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

Определяют ток уставки расцепителя с независимой от тока характеристикой» [11]:

$$k_{pn} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск},, \quad (10)$$

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» [11].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [11]:

$$t_i > t_{ni},, \quad (11)$$

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

t_{ni} – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [11].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [11]:

$$t_{cp} > t_{дон},, \quad (12)$$

где « t_{cp} – время срабатывания расцепителя;

t_{don} – допустимое время отключения в соответствии с ПУЭ» [12].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [11]:

$$I_{pa} \leq I_{np} \leq I_{don}, , \quad (13)$$

$$I_2 \leq 1,45 I_{don}, , \quad (14)$$

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

I_{np} – номинальный ток расцепителя;

I_{don} – допустимы ток кабеля;

I_2 – ток, обеспечивающий надежное срабатывания устройств защиты» [11].

«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» [11].

В таблице 3 представлены результаты расчетов величин длительно-допустимых токов кабелей с учетом способа монтажа (в соответствии с ГОСТ Р 50571.5.52-2011) и проверки защитных аппаратов по току 1ф. КЗ.

В местах прохождения кабельных каналов, коробов, кабелей и проводов через строительные конструкции с нормируемым пределом огнестойкости предусмотрены кабельные проходки с пределом огнестойкости не ниже огнестойкости данных конструкций.

Таблица 3 - Результаты расчетов величин длительно-допустимых токов кабелей с учетом способа монтажа (в соответствии с ГОСТ Р 50571.5.52-2011) и проверки защитных аппаратов по току 1ф. КЗ

Начало	Конец	Сечение КЛ суммарное	№ фид. / № точки КЗ	Способ прокладки по ГОСТ Р 50571.5 .52- 2011	Кол ичес тво КЛ	Тип и сечение кабеля	L, м	Нормальный режим							dU, %
								Рр, кВт	Ip, А	Длит, допуст. ток кабеля, А (по табл. В.52.5)	Поправочный коэф-т К1 (по табл. В.52.15)	Поправочный коэф-т К2 (по табл. В.52.16)	Поправочный коэф-т К3 (по табл. В.52.19)	Длит, допуст. ток кабеля, А (с учетом К1. К2, К3)	
ТП-1973	ВРУ-1	480	н0-1а, н0-1б	D1	2	АПВБШвнг(А)-LS 4×240	230	143,70	229,19	506	1,04	1	0,9	474	1,56
ТП-1973	ВРУ-1	480	н0-2а, н0-2б	D1	2	АПВБШвнг(А)-LS 4×240	230	148,70	237,16	506	1,04	1	0,9	474	1,62
ДЭС	ШАВР-1	240	н0-3а, н0-3б	D1	2	АПВБШвнг(А)-LS 4×120	110	38,20	64,31	348	1,04	1	0,9	326	0,40

Продолжение таблицы 3

Начало	Конец	Аварийный режим								Расчет токов ОКЗ			
		Рр.ав, кВт	Ip.ав, А	Поправочный коэф-т К4 (ГОСТ 31996-20212 п. 10.9)	Длит, допуст. ток кабеля, А (с учетом К1. К2, К3, К4)	dU, %	Ток защитного аппарата, А	Ток 1ф КЗ, А	Ток сраб. защитного аппарата при 1ф КЗ (t<5 с)	Zт/3, Ом	Zкон., Ом	Zуч.КЛ ф-0, Ом/км	Zкаб., Ом
ТП-1973	ВРУ-1	330,60	521,78	1,17	554	3,60	630	2369	1890,0	0,043	0,015	0,34	0,0391
ТП-1973	ВРУ-1	330,60	521,78	1,17	554	3,60	630	2369	1890,0	0,043	0,015	0,34	0,0391
ДЭС	ШАВР-1	211,00	376,11	1,17	381	2,20	400	1502	1200,0	0,104	0,015	0,62	0,0341

Материалы и оборудование, предусмотренные в данной работе и подлежащие в соответствии с нормативными требованиями, законодательством Российской Федерации сертификации, должны иметь действующие сертификаты соответствия и удовлетворять требованиям пожарной безопасности.

Проектируемая схема электроснабжения обеспечивает качественное электроснабжение потребителей. Нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения ΔU на выводах приемников электрической энергии равны соответственно $\pm 5\%$ и $\pm 10\%$ от номинального напряжения электрической сети. «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения определены документом - ГОСТ 32144-2013» [6].

Нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения в точках общего присоединения потребителей электрической энергии к электрическим сетям напряжением 0,38кВ и более должны быть установлены в договорах на пользование электрической энергией между энергоснабжающей организацией и потребителем с учетом необходимости выполнения норм качества электроэнергии.

Обеспечение электроэнергией электроприемников в рабочем и аварийном режимах выполняется от существующей двухтрансформаторной подстанции 6/0,4кВ мощностью 630кВА, также от резервной ДЭС в аварийном режиме в случае выхода из строя обоих трансформаторов подстанции.

«В аварийном режиме переключение на резервное питание осуществляется:

- для потребителей I категории автоматически в ШАВР-1;
- для потребителей II категории вручную во ВРУ-1» [10].

В аварийном режиме, при пропадании питания от подстанции, потребители I категории переключаются на автономный источник питания, проектируемую резервную ДЭС. Шкаф с АВР - ШАВР-1 с панелью ПЭСПЗ

для систем противопожарных защит имеют отличительную окраску (красную). Устройство АВР автоматически переводит питание на рабочую линию и позволяет сэкономить время, которое необходимо было бы затратить на ручные переключения, а также исключает простои оборудования. «Вводы ШАВР-1: QF1 – выключатель основного ввода от ТП-1973, Т1; QF2 выключатель резервного ввода от ТП-1973, Т2 и QF3 выключатель резервного ввода от ДЭС. На рисунках 4 и 5 приведена схема электрическая принципиальная автоматического ввода резерва. Три ввода (основной, резервный и ДЭС) на общую секцию.

Алгоритм работы блока управления ШАВР-1 при нарушении электроснабжения.

Первое событие. Нарушение питания на вводе: при нарушении питания на основном вводе изменится положение контактов реле KV1. После выдержки времени t_{v1} выдается команда на отключение автоматического выключателя QF1 основного ввода. Получив сигнал об отключенном состоянии аппарата, блок управления АВР выдает команду на включение автоматического выключателя QF2 (в случае присутствия напряжения на втором вводе) или автоматического выключателя QF3 (в случае присутствия напряжения на третьем вводе и отсутствия на втором).

Запуск АВР осуществляется при наличии следующих условий:

- отключенное положение автоматического выключателя QF1 основного ввода;
- наличие напряжения на резервном вводе;
- отсутствие сигнала на входе «Блокировка АВР»
- переключатель выбора режима SA1 в положении «Авт.».

При срабатывании АВР на дверце щита появляется световая сигнализация: QF1 – «ОТКЛ»; QF2 – «ВКЛ», QF3 – «ОТКЛ».

Если уровень напряжения на основном вводе восстановится за время меньшее t_{v1} , то сигнал на отключение QF1 не выдается» [10].

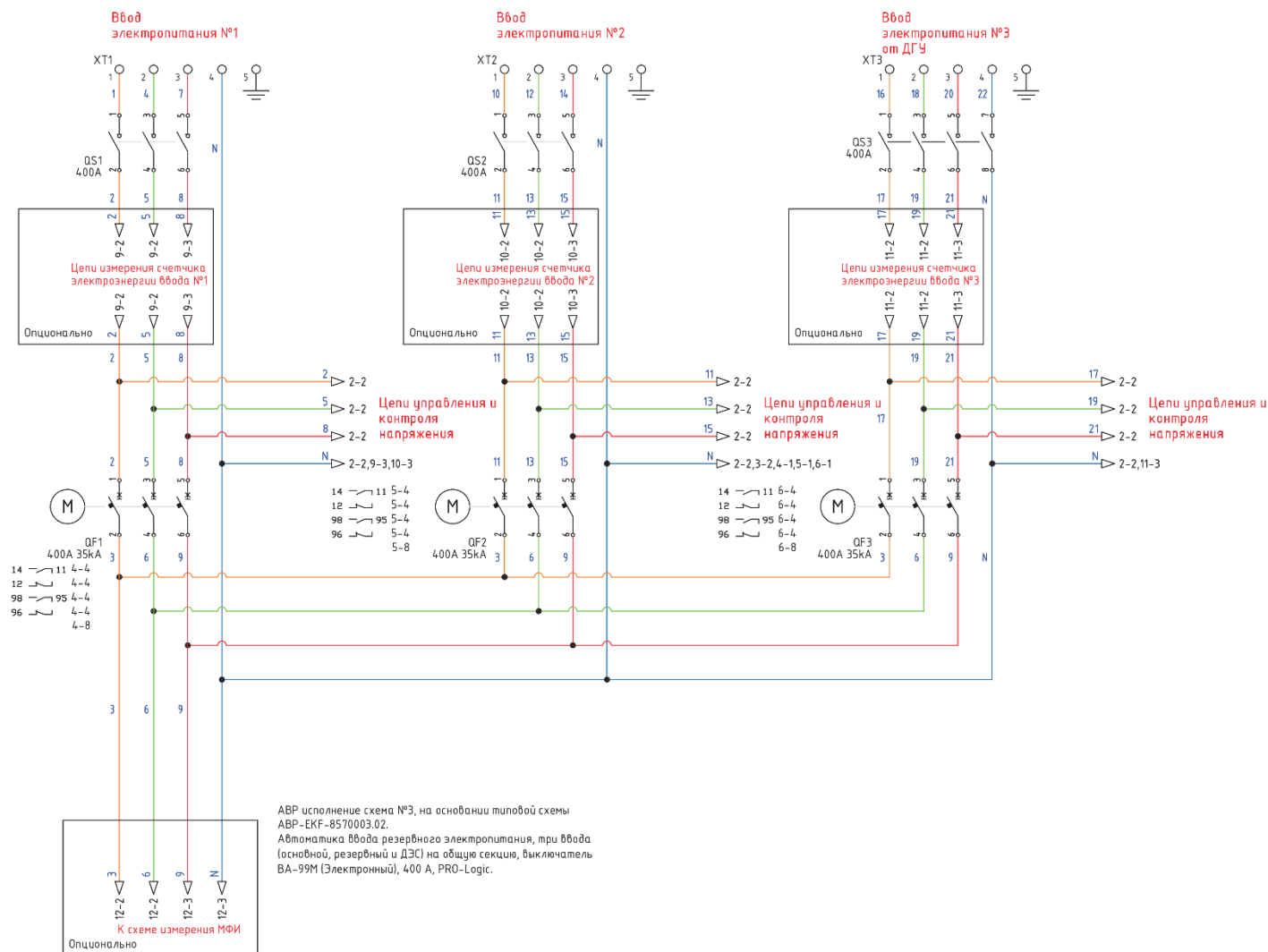


Рисунок 4 - Схема электрическая принципиальная автоматического ввода резерва. Три ввода (основной, резервный и ДЭС) на общую секцию (начало)

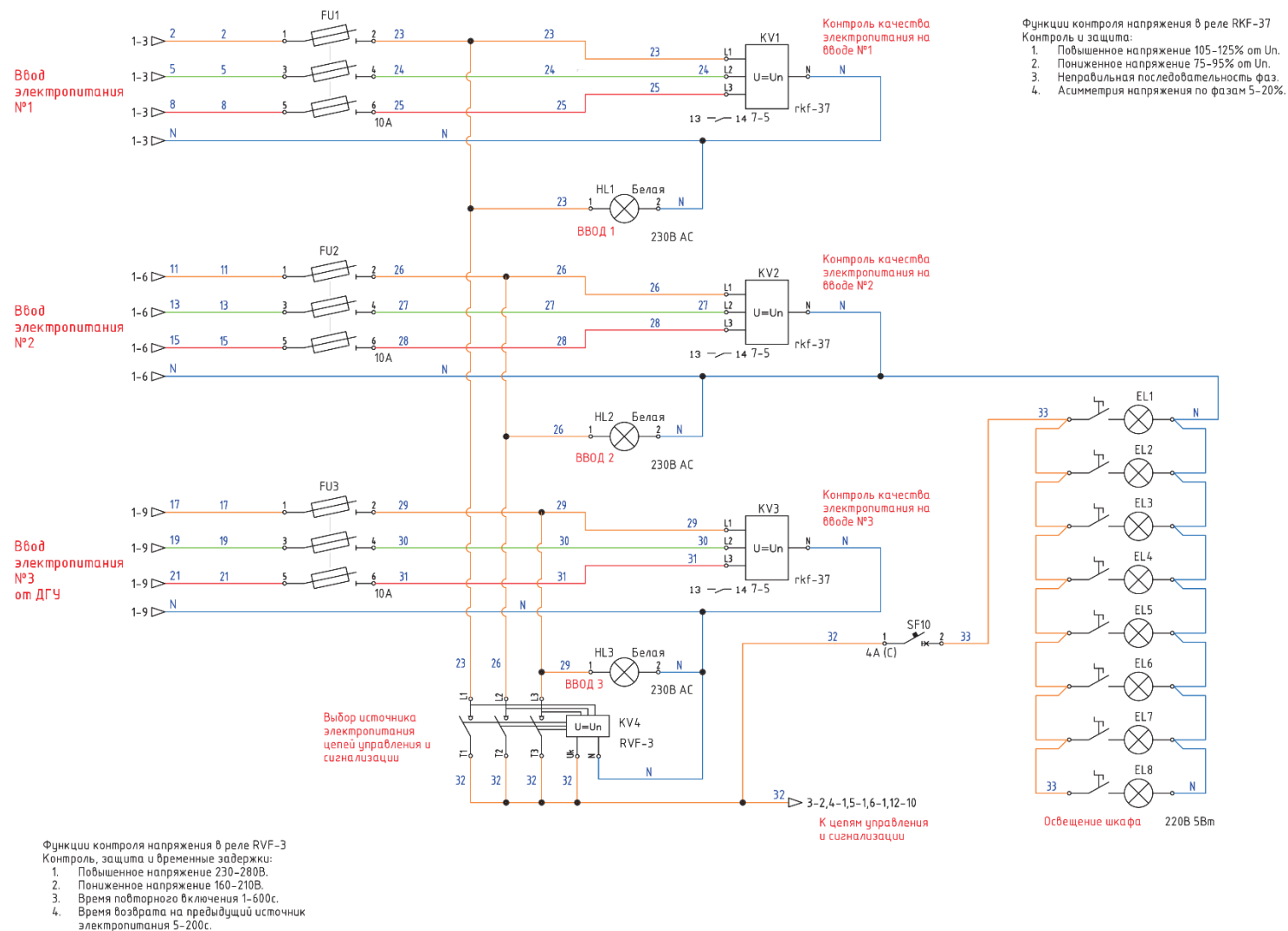


Рисунок 5 - Схема электрическая принципиальная автоматического ввода резерва. Три ввода (основной, резервный и ДЭС) на общую секцию (продолжение)

«В случае работы от второго (резервного) ввода и при нарушении питания на втором вводе изменится положение контактов реле KV2. После выдержки времени t_{v1} выдается команда на отключение автоматического выключателя QF2. Получив сигнал об отключенном состоянии аппарата, блок управления АВР выдает команду на включение автоматического выключателя QF3, если на нем имеется напряжение. При восстановлении питания на вводе после выдержки времени блок управления АВР выдает команду на отключение автоматического выключателя QF2 или QF3 резервного ввода и включение QF1 основного ввода.

При возобновлении нормального режима осуществляется световая сигнализация: QF1 – «ВКЛ»; QF2 – «ОТКЛ» QF3 – «ОТКЛ».

Второе событие. Восстановление питания на вводе: после выдержки времени блок управления АВР выдает команду на отключение автоматического выключателя QF2 или QF3 резервного ввода и включение QF1 основного ввода.

При возобновлении нормального режима осуществляется световая сигнализация: QF1 – «ВКЛ»; QF2 – «ОТКЛ» QF3 – «ОТКЛ».

Третье событие. Блокировка работы блока управления АВР при:

- ручном отключении автоматического выключателя основного и резервного ввода;
- отключении автоматического выключателя QF1, QF2, QF3 из-за срабатывания защиты;
- неисправности блока управления АВР.

В случае неисправности блока АВР существует возможность ручного отключения (включения) автоматического выключателя основного и резервного ввода. Основной ввод является приоритетным» [10].

Данный алгоритм включения / отключения ДЭС к сети потребителя исключает возможность параллельной работы ДЭС с питанием от энергосистемы сетевой компании.

«Взаиморезервируемые кабели прокладываются по разным кабельным

трассам и на разных кабельных конструкциях» [10].

В качестве распределительных и осветительных щитов принимаются щиты навесного и встраиваемого исполнения отечественного производства. Для щитов принято модульное оборудование.

Управление приточными установками и сблокированными с ними вытяжными вентиляторами осуществляется со шкафов управления, поставляемых комплектно с вентсистемами. «Управление локальными вытяжными вентиляторами, обслуживающими определенные помещения, осуществляется при помощи комплектных шкафов управления, а также выключателей и пускателей закрытого исполнения, установленных в этих помещениях.

Управление вытяжными вентиляторами, обслуживающими расположенные на одном или нескольких этажах группы помещений, осуществляется дистанционно из обслуживающего помещения и централизовано с АРМ (автоматизированного рабочего места), расположенного в комнате охраны (помещение 1.11). Вентиляторы для душевых и санузлов сблокированы с выключателями освещения.

Управление тепловыми завесами предусмотрено при помощи комплектных проводных пультов» [9]. Управление системами кондиционирования (установлены в серверной 1раб., 1рез.) осуществляется через блок согласования работы СРК.

«В случае пожара приточные установки и сблокированные с ними вытяжные вентиляторы отключаются путем подачи индивидуальных сигналов «ПОЖАР» от системы пожарной сигнализации на шкафы управления вентсистемами. Отключение при пожаре остальных вытяжных вентиляторов, тепловых завес и систем кондиционирования производится путем прекращения подачи электропитания при помощи независимых расцепителей в шкафах ШВ1...ШВ5, на которые подается сигнал «ПОЖАР» от системы пожарной сигнализации.

Для электроснабжения систем противопожарной защиты (пожарная

сигнализация, система оповещения при пожаре, противодымная вентиляция, внутренний противопожарный водопровод, аварийное освещение и т.д.) в работе приняты огнестойкие кабельные линии, имеющие действующие сертификаты соответствия требованиям пожарной безопасности, либо аналогичные сертифицированные огнестойкие кабельные линии» [24].

Для обеспечения рационального расходования электроэнергии в данной работе предусматриваются современные технические средства:

- «рациональное построение электрических сетей по конфигурации, длинам линий электропередачи с учетом развития строительства;
- выбор сечений линий электропередачи с учетом рекомендуемой экономической плотности тока;
- выбор параметров электрических сетей таким образом, чтобы независимо от режима работы и места присоединения электроприемников к сети и на их зажимах выдерживались нормируемые ГОСТ отклонения напряжения;
- снижение неравномерности нагрузки фаз электрической сети» [25];
- автоматическое отключение установок отопления при достижении заданных температур теплоносителя;
- сокращение области применения ламп накаливания в осветительных установках;
- внедрение светодиодных источников в светильниках;
- светораспределением и размещением осветительных приборов по нормируемому соотношению расстояния между ними и высотой их установки.

Одним из самых действенных мероприятий по снижению объёма потребляемой электрической энергии электроприемниками здания лица является применение в нем светодиодных источников света, потребляющих значительно меньшее количество электрической энергии по сравнению с люминесцентными лампами, и тем более лампами накаливания. Кроме того, достаточно высокое значение коэффициента мощности, превышающее

значение 0,95, позволяет удерживать значение потребляемой реактивной мощности в пределах, установленных в нормативном документе «Порядок расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договоры энергосбережения)» [25].

Низкое энергопотребление источников света позволяет соблюдать уровень допустимой потери напряжения на зажимах токоприемников в соответствии с ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [6].

Для повышения общей энергетической эффективности здания и снижения расхода электрической энергии на потери предполагается установка распределительных щитов в центрах запитанных от них электрических нагрузок, что позволяет уменьшить общую протяжённость сетей и обеспечить нормируемое напряжение на зажимах самых удаленных от центра питания приемников электрической энергии.

Средства учета потребляемой зданием электрической энергии устанавливаются в вводном распределительном устройстве и в панели питания потребителей первой категории. Используются современные двухтарифные счётчики трансформаторного включения, в которых предусмотрена возможность их функционирования в составе общей автоматизированной системы коммерческого учета электрической энергии и дистанционная передача снятых показаний в электроснабжающую и энергосбытовую организации. Для коммерческого учета приняты приборы типа Меркурий 234 ARTM-03 (D)PB.F04, 3×230/400, 5(10), с классом точности 0,5S/1,0 с подключением через трансформаторы тока размещенных во ВРУ, с радио модулем [26].

На рисунке 6 представлен внешний вид установленного прибора по учету электрической энергии Меркурий 234 ARTM-03.



Рисунок 6 - Внешний вид установленного прибора по учету электрической энергии Меркурий 234 ARTM-03

«Модуль прибора учета обеспечивает дискретность съема данных, обмен информацией с верхними уровнями АИИС, в том числе, по сети GSM, Ethernet, поддержку режимов передачи данных: GPRS с динамическим IP-адресом и GPRS со статическим IP-адресом» [14]. На уровне прикладного программного обеспечения выполняется отображение накопленных данных на верхнем уровне системы и в веб интерфейсе.

Выводы по разделу.

«Сечения проводов и кабелей выбраны по допустимой токовой нагрузке, по допустимой потере напряжения как в нормальном, так и в аварийном режимах и проверены на возможность отключения 1-фазного КЗ» [1]. Все сети выполняются кабелями с медными жилами, что увеличивает пропускную способность и уменьшает потери электроэнергии в сетях.

«В схеме электроснабжения применена система заземления TN-C-S с устройствами защитного отключения на отходящих линиях штепсельных розеток для административных помещений - 30mA, которые осуществляют

защиту от поражения электрическим током, мгновенно отключая электрическую цепь как при контакте людей с токоведущими частями, так и при пробое изоляции на заземленный корпус. Защита от коротких замыканий и перегрузок осуществляется автоматическими выключателями, для которых были выбраны номинальные токи и токи расцепителей» [24].

Составлен алгоритм работы блока управления ШАВР-1 при нарушении электроснабжения. Данный алгоритм включения / отключения ДЭС к сети потребителя исключает возможность параллельной работы ДЭС с питанием от энергосистемы сетевой компании.

Одним из самых действенных мероприятий по снижению объёма потребляемой электрической энергии электроприемниками здания лица является применение в нем светодиодных источников света, потребляющих значительно меньшее количество электрической энергии по сравнению с люминесцентными лампами, и тем более лампами накаливания. Кроме того, достаточно высокое значение коэффициента мощности, превышающее значение 0,95, и установка распределительных щитов в центрах запитанных от них электрических нагрузок, что позволяют уменьшить общую протяжённость сетей и обеспечить нормируемое напряжение на зажимах самых удаленных от центра питания приемников электрической энергии.

«Проектируемые электрические щиты максимально приближаются к центрам электрических нагрузок» [25].

Для коммерческого учета приняты приборы типа Меркурий 234 ARTM-03, способные работать в составе АСКУЭ с возможностью дистанционного сбора и передачи данных для включения в интеллектуальную систему учета электрической энергии.

4 Заземление и молниезащита здания лица

В работе для здания корпуса лица принята система заземления TN-C-S. «На основании ПУЭ (изд. 7, п.1.7.82) в электроустановках до 1 кВ выполняется основная система уравнивания потенциалов, которая соединяет между собой через РЕ-шину ВРУ-1, являющуюся главной заземляющей шиной (ГЗШ):

- РЕ-шины распределительных щитов;
- металлические корпуса вентиляции;
- металлические кабельные лотки;
- строительные металлоконструкции;
- металлические оболочки кабелей;
- внутренняя магистраль защитного заземления;
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание;
- заземляющее устройство (ЗУ) системы молниезащиты» [12].

Схема основной системы уравнивания потенциалов в здании представлена на рисунке 7.

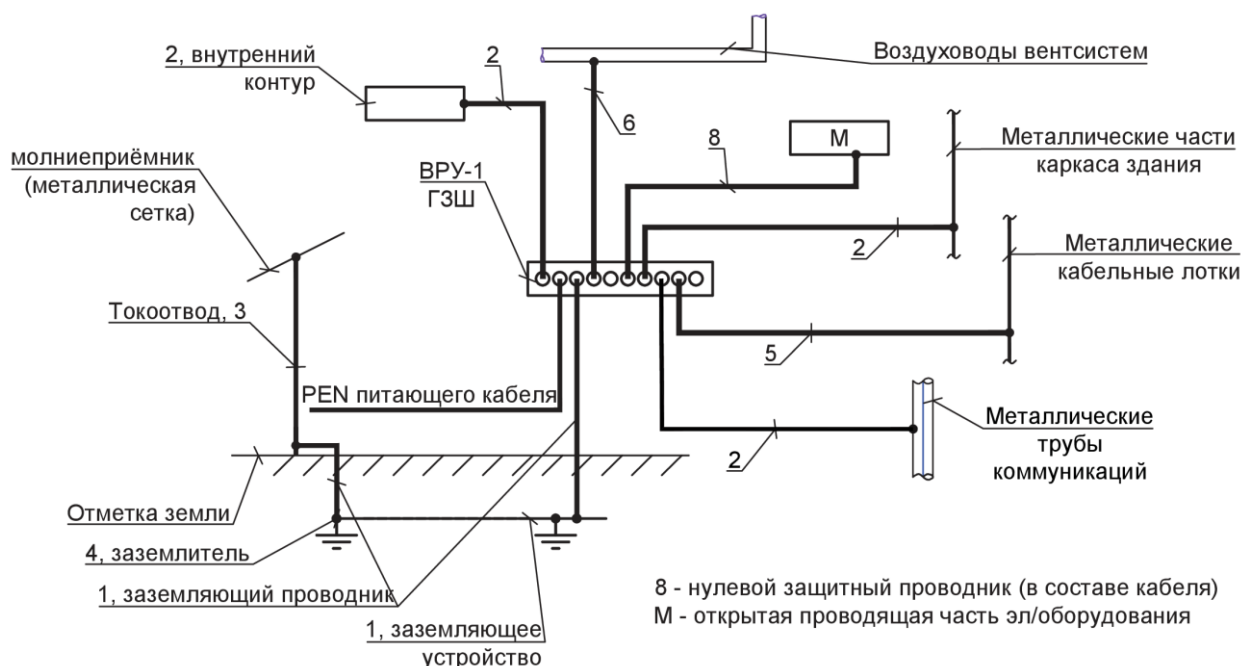


Рисунок 7 - Схема основной системы уравнивания потенциалов в здании

«На вводе в здание выполняется основная система уравнивания потенциалов путем выполнения соединения главной заземляющей шины с трубами систем отопления, холодного и горячего водоснабжения, канализации до задвижек, молниезащиты и арматуры фундамента стальной полосой сечением 5×40мм» [7].

Внутренняя магистраль защитного заземления выполняется стальной полосой 5×40 мм и прокладывается в помещениях электрощитовой и венткамерах по стенам на высоте 0,4 м от пола с обходом дверных проемов и присоединением к ГЗШ.

Все указанные части присоединяются к ГЗШ с помощью, заземляющих проводников, защитных (РЕ) проводников, проводников уравнивания потенциалов; присоединения предусмотрены болтовые и при помощи сварки, в соответствии с требованиями ГОСТ 10434.

«В соответствии с СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» здание лица относится к III категории молниезащиты. Для устройства молниезащиты предусмотрена укладка молниеприемной сетки на кровле с помощью специальных кронштейнов, предназначенных для молниезащиты. Сетка выполняется из стальной оцинкованной проволоки диаметром 8 мм» [19]. Шаг ячеек сетки должен быть не более 10 на 10 м. Выступающие над крышей металлические элементы (трубы, шахты, вентиляционные устройства) должны быть присоединены к молниеприемной сетке, а выступающие неметаллические элементы - оборудованы дополнительными молниеприемниками, также присоединенными к молниеприемной сетке. «Токоотводы выполняются по наружным стенам в углах здания от молниеприёмной сетки до земли, с шагом не более 20 м между токоотводами. Все соединения выполняются на сварке.

Принято единое заземляющее устройство для молниезащиты, повторного заземления систем электроснабжения и систем связи» [19]. Сопротивление заземляющего устройства принято не более 10 Ом, в

соответствии с ГОСТ Р 59789-2021.

«Сопротивление одного вертикального электрода из угловой стали» [17]:

$$R_{\text{го}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.в}}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t' + l}{4t' - l} \right), \quad (15)$$

где « $\rho_{\text{расч.в}}$ – расчетное удельное сопротивление грунта для стержневых заземлителей,

l – длина вертикального заземлителя;

b – ширина полки уголка;

t' – глубина заложения верха заземлителя» [17];

«Находим глубину заложения верха заземлителя» [17]:

$$t' = t_0 + \frac{1}{2}l, \quad (16)$$

где « t_0 – глубина заложения вершины вертикального заземлителя» [17];

«Сопротивление вертикальных электродов при коэффициенте использования нормативном коэффициенте использования» [17]:

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{го}}}{\eta_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}}}, \quad (17)$$

где « $\eta_{\text{в}}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [17];

«Сопротивление горизонтального электрода из оцинкованной полосы для 2-ой климатической зоны» [17]:

$$R_{\text{г}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.г}}}{l_{\text{г}}} \cdot \lg \frac{2l_{\text{г}}^2}{b \cdot t_0}, \quad (18)$$

где l_z – длина горизонтального заземлителя;

b – ширина полосы горизонтального заземлителя;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя» [17];

«Расчетное результирующее сопротивление R_u заземляющего устройства» [17]:

$$R_u = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z + R_g}, \quad (19)$$

«Заземляющее устройство представляет собой замкнутый контур из полосовой оцинкованной стали сечением 5×40мм, проложенный в земле на глубине 0,5м на расстоянии не менее 1м от фундамента здания. В местах присоединения токоотводов к этому контуру приваривается по одному вертикальному электроду, выполненному из круглой оцинкованной стали диаметром 18мм длиной 3м» [14].

«В душевых и помещениях уборочного инвентаря выполняется дополнительная система уравнивания потенциалов. Схема дополнительной системы уравнивания потенциалов в здании представлена на рисунке 8.

Для этого в помещениях устанавливается медная заземляющая шинка для подключения проводников уравнивания потенциалов, которая монтируется в коробке уравнивания потенциалов. Коробка устанавливается скрыто на высоте 0,3 м от пола» [7]. К данной заземляющей шинке от нулевой защитной шины группового щитка прокладывается скрыто защитный проводник уравнивания потенциалов - кабель ВВГнг(А)-LS 1×4мм с изоляцией желто-зеленого цвета. Присоединение труб холодного и горячего водоснабжения, корпуса душевого поддона, защитного проводника розеточной сети к заземляющей шинке выполняется кабелем ВВГнг(А)-LS 1×4мм.

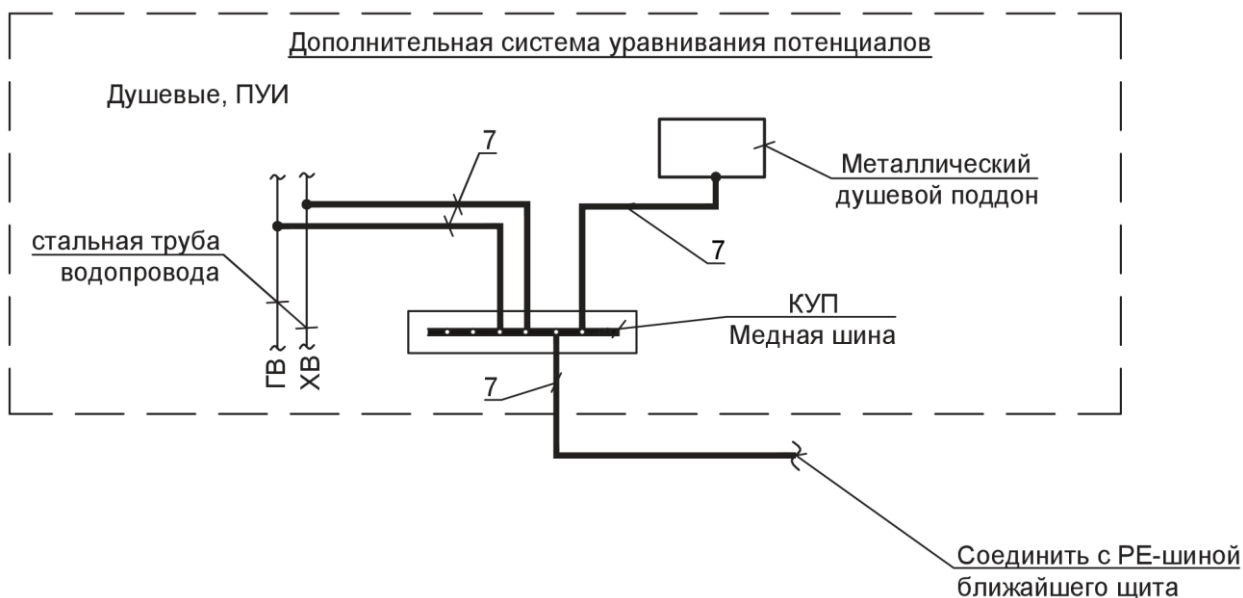


Рисунок 8 - Схема дополнительной системы уравнивания потенциалов в здании

«Заземляющее устройство ДЭС представляет собой замкнутый контур из полосовой оцинкованной стали сечением 5×40 мм, проложенный в земле на глубине 0,5 м на расстоянии 1 м от фундамента ДЭС. В местах присоединения токоотводов к этому контуру приваривается по одному вертикальному электроду, выполненному из круглой оцинкованной стали диаметром 18 мм длиной 3 м» [7].

Схема монтажа заземлителя приведена на рисунке 9.

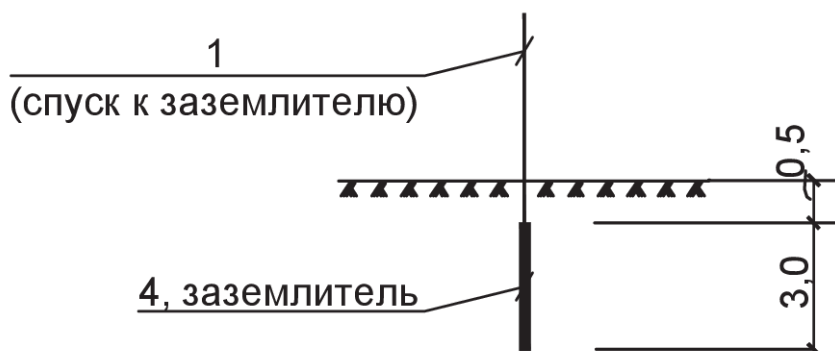


Рисунок 9 - Схема монтажа заземлителя

В здании ДЭС выполняется внутренний контур заземления при помощи стальной полосы сечением 5×40мм. Все электрооборудование ДЭС соединяется с рамой ДЭС и внутренним контуром заземления при помощи проводников системы уравнивания потенциалов (полоса стальная сечением 5×40мм). Внутренний контур присоединить к ЗУ в двух местах оцинкованной полосовой сталью сечением 5×40мм. Сопротивление заземляющего устройства ДЭС принято не более 4 Ом, и соединено в единое заземляющее устройство для молниезащиты и повторного заземления систем электроснабжения.

Выводы по разделу.

«В работе для здания корпуса лица принята система заземления TN-C-S.

На основании ПУЭ в электроустановках до 1 кВ выполняется основная система уравнивания потенциалов, которая соединяет между собой через РЕ-шину ВРУ-1, являющуюся главной заземляющей шиной (ГЗШ): РЕ-шины распределительных щитов; металлические корпуса вентиляции; металлические кабельные лотки; строительные металлоконструкции; металлические оболочки кабелей; внутренняя магистраль защитного заземления; металлические трубы коммуникаций, входящих в здание; заземляющее устройство (ЗУ) системы молниезащиты» [12].

«Здание лица относится к III категории молниезащиты. Для устройства молниезащиты предусмотрена укладка молниеприемной сетки диаметром 8 мм на кровле, шаг ячеек сетки должен быть не более 10 на 10 м» [19].

«Принято единое заземляющее устройство для молниезащиты, повторного заземления систем электроснабжения и систем связи. Сопротивление заземляющего устройства принято не более 10 Ом. Заземляющее устройство представляет собой замкнутый контур из полосовой оцинкованной стали сечением 5×40мм, проложенный в земле на глубине 0,5м на расстоянии не менее 1м от фундамента здания» [7].

5 Выбор проводников и осветительной арматуры, применяемых в системе электроснабжения здания лицея

«Групповые и распределительные сети выполняются кабелями с медными жилами типа ВВГнг(А)-LSLTx, сети питания систем противопожарной защиты, аварийного освещения, в т.ч. указатели «Выход», выполняются огнестойкими кабелями ВВГнг-FRLSLTx» [5]. Монтаж электропроводки выполняется в соответствии с ГОСТ 50571.5.52-2011.

Кабельные сети аварийного освещения и противопожарных мероприятий проложить открыто, в лотках, на расстоянии не менее 300 мм от линий другого назначения.

«Электропроводка выполнена открыто за подвесными потолками в кабельных лотках по коридорам и скрыто по стенам в ПВХ трубах за обшивкой негорючих гипсокартонных перегородок. Кабели по кровле прокладываются в стальных трубах.

Кабели должны быть промаркированы на концах бирками с маркой кабеля (провода) и его назначением» [10]. При прокладке кабелей большого сечения необходимо соблюдать минимально допустимые радиусы изгиба согласно требованиям, ТУ и ГОСТ. «Проходы кабелей через перекрытия и стены выполнить в отрезках стальных труб с последующей заделкой зазоров легко удаляемой массой из негорючего материала.

Нормы освещенности и осветительная арматура выбраны в соответствии с назначением помещений и характером окружающей среды по СП 52.13330.2011, со степенью защиты IP20 – IP65.

Общее внутреннее освещение проектируемого здания выполнено светодиодными светильниками.

Розетки принимаются с третьим заземляющим контактом. Электропитание розеточных групп во влажных помещениях выполняется от автоматических выключателей с дифференциальной защитой на ток 30 мА» [22].

Принятая высота электроустановочных изделий над полом:

- выключателей 1,8 м;
- розеток 0,3 м, в ванных комнатах на высоте 1,5м от пола.

В помещениях для пребывания детей выключатели и розетки устанавливаются на высоте 1,8 м от пола.

В кабинетах и лабораториях розетки на столах учеников подключаются от лабораторных щитков, щитки обесточиваются при помощи постов управления, установленных на столах преподавателей, за исключением компьютерной розеточной сети кабинетов информатики.

Линии питания розеток защищаются устройствами защитного отключения дифференциального тока с током отключения 30 мА.

В классных помещениях, учебных комнатах и лабораториях для подключения проекционных аппаратов устанавливаются по три розетки: одна у классной доски, другая на противоположной от доски стене помещения и третья на стене, противоположной оконным проемам.

Выводы по разделу.

«Групповые и распределительные сети выполняются кабелями с медными жилами типа ВВГнг(А)-LSLTx, сети питания систем противопожарной защиты, аварийного освещения, в т.ч. указатели «Выход», выполняются огнестойкими кабелями ВВГнг-FRLSLTx» [5].

Электропроводка выполнена открыто за подвесными потолками в кабельных лотках по коридорам и скрыто по стенам в ПВХ трубах за обшивкой негорючих гипсокартонных перегородок.

6 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения в корпусе лица

«В здании предусматриваются следующие виды освещения:

- рабочее на напряжении 220 В, 50 Гц;
- аварийное (эвакуационное и освещение безопасности) на напряжении 220 В, 50 Гц.
- ремонтное на напряжении 12 В, 50 Гц.

Освещение предусматривается светодиодными светильниками.

Системы освещения и нормы освещения приняты согласно СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» и СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий» и задания от смежных технологических разделов. Выбор светильников произведен в соответствии с категорийностью и назначением помещений» [20].

«Индекс помещения i определяется по выражению» [22]:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (20)$$

где « A и B - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [22].

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [22]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_{\lambda} \cdot \eta}, \quad (21)$$

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

$\Phi_{\text{л}}$ - световой поток лампы;
 η - коэффициент использования;
 k - коэффициент запаса;
 S - площадь помещения» [22].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .
 Определяется суммарная установленная мощность ламп» [22]:

$$P_{\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{\text{нл}}, \quad (22)$$

где « $P_{\text{нл}}$ - мощность одной лампы» [22].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B » [22]:

$$N_B = \sqrt{N_p \frac{B}{A}}; \quad (23)$$

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A » [22]:

$$N_A = \sqrt{N_p \frac{A}{B}}; \quad (24)$$

«Определяем расстояние между светильниками L и расстояние от крайнего ряда светильников до стены l » [22]:

$$L \geq \frac{A}{N_A}, l = (0,25 - 0,5)L. \quad (25)$$

Рекомендуемые типы светильников в помещениях наиболее целесообразны, обеспечивают необходимый уровень освещенности, имеют соответствующую условиям защиту от проникновения влаги и пыли.

Расположение, типы светильников указаны на планах.

«Для ремонтного освещения в технических помещениях предусматривается разделительный трансформатор, на напряжение 12В ЯТП-0,25.

Освещенность принята:

- лаборантские, учебные кабинеты, мастерские - 500лк;
- кабинеты, учительские - 400лк;
- актовый зал - 400лк;
- санузлы, душевые, тамбуры - 100лк;
- раздевальные – 200лк;
- электрощитовая, венткамеры - 200лк;
- спортивный зал, тренажерный зал - 300лк;
- лестничные клетки, кладовые - 100лк;
- обеденный зал, горячий и холодный цеха - 300лк;
- производственные помещения пищеблока – 200лк;
- гардеробы, вестибюль - 150лк;
- рекреации – 200лк;
- библиотека – 500лк;
- книгохранилище – 100лк.

Светильники всех видов освещения предусматриваются светодиодными. Для освещения школьных досок предусматриваются светодиодные светильники на кронштейнах» [22].

Для автоматизации работы системы внутреннего освещения в коридорах здания лица и общественных пространствах предусмотрено использование многофункционального реле времени ТМ-24 ЕКФ, оснащенного дисплеем и позволяющего программировать работу по времени. Данное реле управляет контакторами, которые в свою очередь в соответствии с расписанием звонков при начале урока снижают общий уровень освещённости в коридорах, что позволяет существенно экономить электрическую энергию, а перед

окончанием занятия включают отключенные ранее светильники для обеспечения нормируемой освещенности.

«Управление освещением мест общего пользования предусмотрено по месту выключателями. На лестничных клетках управление освещением производится от датчиков движения.

В лицее предусматриваются следующие виды аварийного освещения.

Освещение путей эвакуации - коридоры, лестницы, холлы, выходы на улицу, помещения для обеспечения безопасности, посты охраны, пожарные посты, пост медицинской сестры, актовые залы, классные комнаты площадью более 60м², столовые, спортзалы, санузлы для МГН. Освещение зон повышенной опасности – помещения для приготовления пищи» [8].

Управление аварийным освещением в местах общего пользования осуществляется со щита ЩОА, в помещениях недоступных для посторонних людей управление выполнить с помощью выключателей.

«Аварийное освещение должно включаться автоматически при пропадании питания основного (рабочего) освещения, а также по сигналам систем пожарной и аварийной сигнализации или вручную, если сигнализации нет или она не сработала» [8].

Управление аварийными светильниками, расположенными снаружи здания, осуществляется от датчиков освещенности, устанавливаемых рядом со светильниками.

«Групповая цепь аварийного освещения, напряжение на которую подается только в нормальном режиме, в аварийном режиме питание на групповую цепь не подается, при этом питание автономных световых приборов происходит от собственных АКБ.

Перевод автономных световых приборов аварийного освещения в аварийный режим происходит:

- при нарушении питания на панели противопожарных устройств и на главном распределительном щите;
- при принудительном разрыве питания данной группы в щите

аварийного освещения, в результате локальной аварии рабочего освещения в пожарной зоне и/или по сигналу от систем пожарной автоматики» [8];

- вручную с ЩАО;
- во время прохождения группового тестирования световых приборов.

Тип действия аварийного эвакуационного освещения - постоянный.

Предусматриваются также эвакуационные знаки безопасности на путях эвакуации и знаки «Безопасная зона МГН».

Светильники и указатели для аварийного эвакуационного освещения приняты с БАП работой 1 час.

«Сеть рабочего освещения выполняется кабелем типа ВВГнг(А)-LSLTx. Сеть аварийного освещения выполняется кабелем типа ВВГнг(А)-FRLSLT» [5].

Кабели системы противопожарной защиты, кабели питания аварийного освещения проложить по разным трассам, отдельно от трассы силовых сетей и сетей рабочего освещения на расстоянии в свету 300мм и более с применением ОКЛ.

Наружное освещение фасадов предусматривается от щита наружного освещения ЩНО-2, установленного в помещении охраны №1.1.5., светодиодными светильниками типа VARTON. Управления наружными группами освещения фасадов выполнено как в автоматическом режиме по сигналу с фотореле, так и вручную.

План сетей освещения фасада корпуса 2 приведен на рисунке 10.

Наружное освещение территории объекта запитано от шкафа наружного освещения ЩНО-1, кабелем АПвБШвнг(А)-LS -1 4×25. Наружное освещение выполнено на граненых, не силовых, фланцевых, горячеоцинкованных, опорах типа НФГ высотой 10м со светодиодными прожекторами мощностью 200Вт. Светильники распределены равномерно по фазам. Кабель наружного освещения с маркировкой нЩНО-1 до опор освещения проложен в земле в трубах ПНД в траншеях -0,7м.

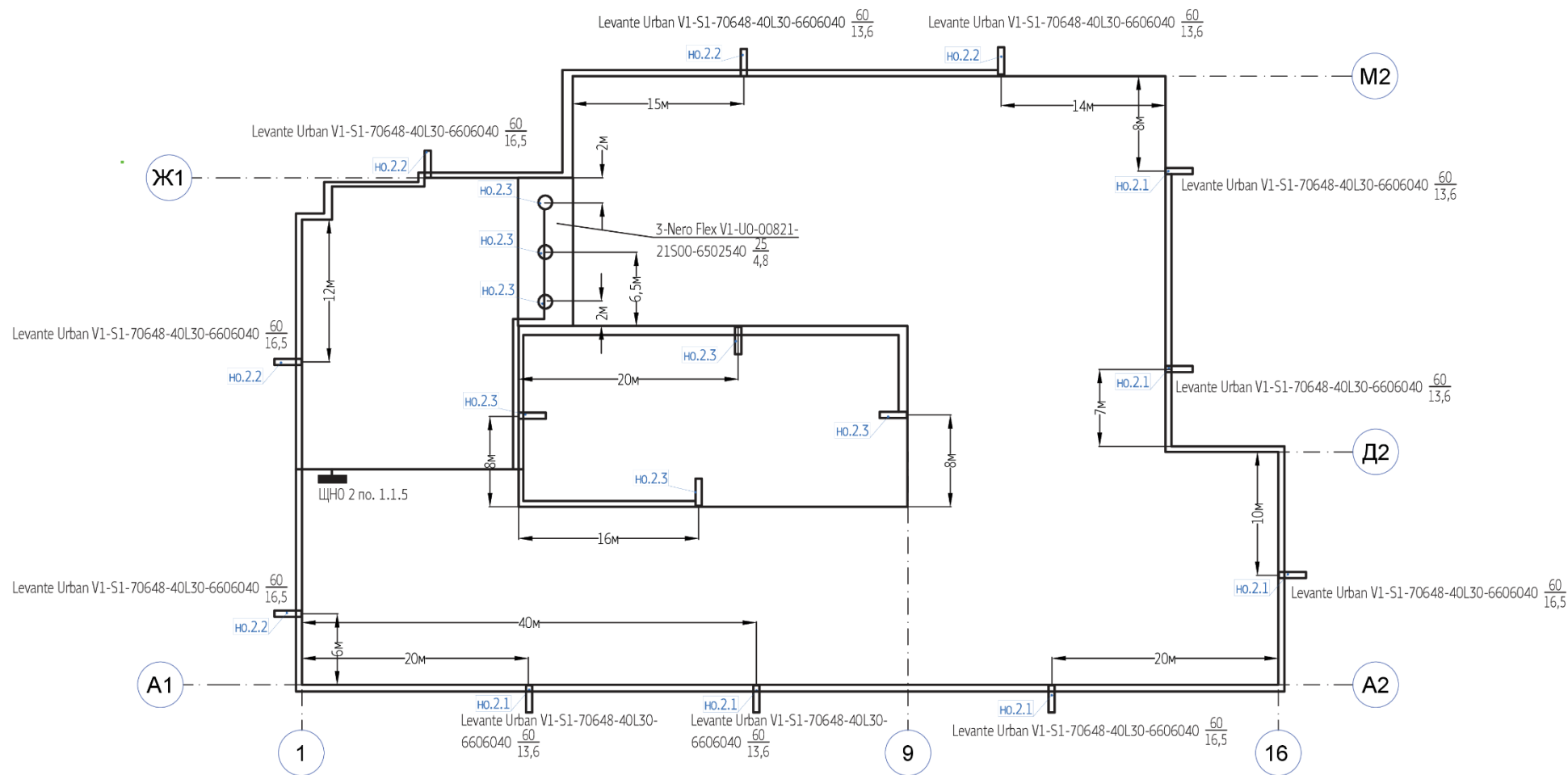


Рисунок 10 - План сетей освещения фасада корпуса 2

«В целях резервирования питания освещения, предусмотрено прокладка кабельной перемычки АПвБШвнг(А)-LS -1 4×25 между ЩНО-1 и конечной опорой. Перемычка заведена в опоры, отключена и изолирована от основного питания» [23].

Наружное освещение лица, для учебно-тренировочных сооружений и площадок с категорией спортивного сооружения С, относится к III классу освещения, в соответствии с СП 440.1325800.2018.

Наружное освещение прилегающей территории корпуса №2, выполнено светильниками размещенные на фасадах здания, запитывается от щита наружного освещения ЩНО-2, установленного в помещении охраны №1.1.5.

Наружное освещение прилегающей территории корпуса №1, выполнено светильниками размещенные на кровле здания, запитывается от щита наружного освещения ЩНО-2.1, установленного в коридоре существующего корпуса №1.

«Над каждым входом в здание принятые светильники, обеспечивают уровни средней горизонтальной освещенности, не менее:

- на площадке основных входов блк;
- на пешеходных дорожках длиной 4м у основных входов в здание, а также на запасных и технических входах 4лк.

Светильники наружного освещения, обеспечивают уровни средней горизонтальной освещенности, не менее» [22]:

- универсальная площадка (спортивная) 75лк;
- баскетбольная совмещенная с волейбольной площадкой 75лк;
- полоса препятствий 75лк;
- площадка для изучения правил дорожного движения 50лк;
- транспортные и пешеходные связи на территории 10лк,
- боковые аллеи 2лк.

В соответствии с ПУЭ-7, п.6.3.32. ответвления к светильникам наружного освещения от кабельных линий в траншее должны быть выполнены без разрезания жил кабеля, при помощи ответвительных сжимов.

«Заземление наружного освещения выполнено по системе TN-C-S с глухозаземленной нейтралью: вся несущая металлическая конструкция подключается через болтовое соединение РЕ внутри опоры к совмещенному проводнику PEN, питающего кабеля. Светильник к системе заземления подключается раздельными: нулевым защитным РЕ и нулевым рабочим N проводниками. Фундамент опоры является естественным заземлителем и служит повторным заземлителем» [7]. Управление наружным освещением осуществляется от щита ЩНО-1 как в автоматическом режиме по сигналу с фотореле, так и вручную.

Выводы по разделу.

«В здании предусматриваются рабочее, аварийное (эвакуационное и освещение безопасности), ремонтное освещение» [20].

«Освещение предусматривается светодиодными светильниками. Для освещения школьных досок предусматриваются светодиодные светильники на кронштейнах. Выбор светильников произведен в соответствии с категорийностью и назначением помещений. Количество определено по методу коэффициента использования светового потока» [22].

Для автоматизации работы системы внутреннего освещения в коридорах здания лицея и общественных пространствах предусмотрено использование многофункционального реле времени ТМ-24 ЕКФ, которое в соответствии с расписанием звонков при начале урока снижают общий уровень освещённости в коридорах путем отключения части светильников, что позволяет существенно экономить электрическую энергию, а перед окончанием занятия включает отключенные ранее светильники для обеспечения нормируемой освещенности. Светильники и указатели для аварийного эвакуационного освещения приняты с БАП работой 1 час.

Наружное освещение территории объекта запитано от шкафа наружного освещения ЩНО-1, кабелем АПвБШнг(А)-LS -1 4×25. Наружное освещение выполнено на граненых опорах типа НФГ высотой 10м со светодиодными прожекторами мощностью 200Вт.

Заключение

Цель бакалаврской работы заключается в разработке надежной и экономичной системы электроснабжения нового корпуса лицея, позволяющей обеспечить выполнение требований к безопасности персонала и обучающихся, надежности электроснабжения отдельных групп электроприемников и качество электрической энергии.

«По степени обеспечения надежности электроснабжения лицей относится: ко II категории по надежности электроснабжения (к I категории относятся противопожарные устройства, аварийное освещение, лифты)» [18]. От сетей АО «РЭС» обеспечивается II категория надежности электроснабжения, I категория по надежности электроснабжения обеспечивается заказчиком за счет установки автономного источника питания ДЭС типа АД 250-Т400-2РБК мощностью 250кВт.

Здание корпуса 2 лицея, состоит из 3 блоков, соединенных между собой в единый объект, и имеет 1 электрощитовую, расположенную на подвальном этаже здания.

Электроснабжение электропотребителей лицея предусматривается: от 1 проектируемого вводно-распределительного устройства, двухсекционного, с межсекционным выключателем, с маркировкой ВРУ-1, размещенного в электрощитовой. ВРУ-1 состоит из 1 вводной панели ВУ-1, и 2 распределительных РУ-1, РУ-2 панелей.

«Для потребителей I категории лицея принято одно много-панельное низковольтное комплектное устройство с АВР с маркировкой ШАВР-1. Шкаф состоит из 3 вводных панелей и 1 распределительной панели питания электрооборудования систем противопожарной защиты (ПЭСПЗ)» [17].

По результатам расчетов установленная мощность по объекту, общая (I и II категории) составляет: $P_p = 908,1$ кВт.

Расчетная (максимальная) мощность по объекту в рабочем режиме: $P_p = 330,6$ кВт.

В том числе:

- расчетная мощность II-й категории надежности (рабочий режим): $P_p = 292,4$ кВт.
- расчетная мощность I-й категории надежности (рабочий режим): $P_p = 38,2$ кВт.
- расчетная мощность I-й категории надежности (режим пожар): $P_p = 211,0$ кВт.

«Сечения проводов и кабелей выбраны по допустимой токовой нагрузке, по допустимой потере напряжения как в нормальном, так и в аварийном режимах и проверены на возможность отключения 1-фазного КЗ» [1]. Все сети выполняются кабелями с медными жилами, что увеличивает пропускную способность и уменьшает потери электроэнергии в сетях.

«В схеме электроснабжения применена система заземления TN-C-S с устройствами защитного отключения на отходящих линиях штепсельных розеток для административных помещений - 30mA, которые осуществляют защиту от поражения электрическим током, мгновенно отключая электрическую цепь как при контакте людей с токоведущими частями, так и при пробое изоляции на заземленный корпус. Защита от коротких замыканий и перегрузок осуществляется автоматическими выключателями, для которых были выбраны номинальные токи и токи расцепителей» [24].

Составлен алгоритм работы блока управления ШАВР-1 при нарушении электроснабжения. Данный алгоритм включения / отключения ДЭС к сети потребителя исключает возможность параллельной работы ДЭС с питанием от энергосистемы сетевой компании.

Одним из самых действенных мероприятий по снижению объёма потребляемой электрической энергии электроприемниками здания лица является применение в нем светодиодных источников света, потребляющих значительно меньшее количество электрической энергии по сравнению с люминесцентными лампами, и тем более лампами накаливания. Кроме того, достаточно высокое значение коэффициента мощности, превышающее

значение 0,95, и установка распределительных щитов в центрах запитанных от них электрических нагрузок, что позволяют уменьшить общую протяжённость сетей и обеспечить нормируемое напряжение на зажимах самых удаленных от центра питания приемников электрической энергии.

Для коммерческого учета приняты приборы типа Меркурий 234 ARTM-03, способные работать в составе АСКУЭ с возможностью дистанционного сбора и передачи данных для включения в интеллектуальную систему учета электрической энергии.

В работе для здания корпуса лица принята система заземления TN-C-S.

«На основании ПУЭ в электроустановках до 1 кВ выполняется основная система уравнивания потенциалов, которая соединяет между собой через РЕ-шину ВРУ-1, являющуюся главной заземляющей шиной (ГЗШ): РЕ-шины распределительных щитов; металлические корпуса вентиляции; металлические кабельные лотки; строительные металлоконструкции; металлические оболочки кабелей; внутренняя магистраль защитного заземления; металлические трубы коммуникаций, входящих в здание; заземляющее устройство (ЗУ) системы молниезащиты» [12].

«Здание лица относится к III категории молниезащиты. Для устройства молниезащиты предусмотрена укладка молниеприемной сетки диаметром 8 мм на кровле, шаг ячеек сетки должен быть не более 10 на 10 м» [19].

«Принято единое заземляющее устройство для молниезащиты, повторного заземления систем электроснабжения и систем связи. Сопротивление заземляющего устройства принято не более 10 Ом. Заземляющее устройство представляет собой замкнутый контур из полосовой оцинкованной стали сечением 5×40мм, проложенный в земле на глубине 0,5м на расстоянии не менее 1м от фундамента здания» [7].

«Групповые и распределительные сети выполняются кабелями с медными жилами типа ВВГнг(A)-LSLTx, сети питания систем противопожарной защиты, аварийного освещения, в т.ч. указатели «Выход», выполняются огнестойкими кабелями ВВГнг-FRLSLTx» [5].

Электропроводка выполнена открыто за подвесными потолками в кабельных лотках по коридорам и скрыто по стенам в ПВХ трубах за обшивкой негорючих гипсокартонных перегородок.

«В здании предусматриваются рабочее, аварийное (эвакуационное и освещение безопасности), ремонтное освещение» [20].

«Освещение предусматривается светодиодными светильниками. Для освещения школьных досок предусматриваются светодиодные светильники на кронштейнах.

Выбор светильников произведен в соответствии с категоричностью и назначением помещений. Количество определено по методу коэффициента использования светового потока» [22].

Для автоматизации работы системы внутреннего освещения в коридорах здания лица и общественных пространствах предусмотрено использование многофункционального реле времени ТМ-24 ЕКР, которое в соответствии с расписанием звонков при начале урока снижают общий уровень освещённости в коридорах путем отключения части светильников, что позволяет существенно экономить электрическую энергию, а перед окончанием занятия включает отключенные ранее светильники для обеспечения нормируемой освещенности.

Светильники и указатели для аварийного эвакуационного освещения приняты с БАП работой 1 час.

Наружное освещение территории объекта запитано от шкафа наружного освещения ЩНО-1, кабелем АПвБШнг(А)-LS -1 4×25. Наружное освещение выполнено на граненых опорах типа НФГ высотой 10м со светодиодными прожекторами мощностью 200Вт.

Список используемой литературы

1. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: электронное учебно-методическое пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. 86 с.
2. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003320> (дата обращения 14.07.2024).
3. ГОСТ 28249-93 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ [Электронный ресурс]: Межгосударственный стандарт от 01.01.1995. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004630> (дата обращения 08.06.2024).
4. ГОСТ 29322-2014 (IEC 60038:2009) Напряжения стандартные [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115397> (дата обращения 30.05.2024).
5. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения 26.05.2024).
6. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 13.06.2024).
7. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации 01.01.2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108284> (дата обращения 06.06.2024).
8. ГОСТ Р 55842-2013 (ИСО 30061:2007) Освещение аварийное. Классификация и нормы [Электронный ресурс]: Национальный стандарт

Российской Федерации от 01.01.2015. URL: docs.cntd.ru/document/1200107497 (дата обращения 25.07.2024).

9. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2015. 368с.

10. Миронова А.Н., Миронов Ю.М. Электрооборудование и электроснабжение электротехнологических установок: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2023. 470 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1996313> (дата обращения: 26.08.2024).

11. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 416 с.

12. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 16.05.2024).

13. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 03.07.2024).

14. Рожин А.Н., Бакшаева Н.С. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. 258с.

15. СанПиН 2.4.2.576-96 Санитарные правила и нормы. 2.4.2. Школьные учреждения. Гигиенические требования к условиям обучения школьников в различных видах современных общеобразовательных учреждений [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003964> (дата обращения 16.07.2024).

16. СанПиН 2.4.2821-10 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902256369> (дата обращения 23.05.2024).

17. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2023. 328 с.

18. Синенко Л.С., Электроснабжение. Версия 1.0. [Электронный ресурс]: учеб. пособие к практ. занятиям. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/122353214> (дата обращения 26.01.2024).

19. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034368> (дата обращения 22.07.2024).

20. СП 256.1325800.2016. Свод правил. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139957> (дата обращения 26.06.2024).

21. СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87 (с Поправкой, с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Свод правил от 20.05.2011. URL: docs.cntd.ru/document/1200084087 (дата обращения 08.07.2024).

22. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]: Свод правил от 05.08.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 03.06.2024).

23. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001 (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Свод правил от 20.05.2011. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200085105> (дата обращения 26.07.2024).

24. СП 6.13130.2021 Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 06.05.2024).

25. Федеральный закон от 23 ноября 2009г. № 261-ФЗ Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения 17.07.2024).

26. Хорольский В.Я., Таранов М.А., Петров Д.В. Техно-экономические расчеты распределительных электрических сетей: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 96 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1839652> (дата обращения 15.06.2024).