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 Проектирование системы электроснабжения детского дошкольного образовательного учреждения на 250 мест

Обучающийся А.П. Горбунов
(Инициалы Фамилия) (личная подпись)

Руководитель к.т.н., доцент, А.Н. Черненко
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

В бакалаврской работе рассмотрены вопросы организации системы электроснабжения дошкольного образовательного учреждения. Дана краткая характеристика наполняемости детского сада, а также основных электроприемников, применяемых в здании. Определены источники внешнего электроснабжения и требования к прокладке питающих кабельных линий.

Произведено распределение планируемых к установке электроприёмников по категориям надежности электроснабжения и в соответствии с ними определены требования, предъявляемые к системе электроснабжения. Выполнен расчёт ожидаемых электрических нагрузок по секциям ГРЩ, а также секций с АВР, от которых питаются электроприемники первой категории и электроприёмники, участвующие в пожаротушении. Определена суммарная расчётная нагрузка по зданию дошкольного образовательного учреждения. Рассмотрены вопросы электроснабжения системы подогрева водосточных воронок и кровли. Определены мероприятия по энергосбережению. Составлены схемы основной и дополнительных систем уравнивания потенциалов. Для защиты здания от поражения ударами молний выбраны характеристики молниеприемной сетки: диаметр проводника и шаг его укладки. Определены параметры контура заземления. Выбраны типы кабелей для распределительных и групповых сетей внутри здания, а также для систем противопожарной защиты. Все выбранные кабели были проверены по длительно допустимым токам и по потере напряжения. Также были выбраны автоматические выключатели для защиты линий от сверхтоков. Для внутреннего освещения выбраны светодиодные светильники и произведён расчёт их необходимого количества в программе светотехнических расчётов Dialux.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 57 страниц текста и графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

Содержание

Введение 4
1 Характеристика внешних источников электроснабжения и обоснование принятой схемы электроснабжения 7
2 Определение расчетной нагрузки по зданию детского сада 11
3 Требования к качеству поставляемой электроэнергии и надежности электроснабжения потребителей дошкольного образовательного учреждения 19
4 Заземление и молниезащита здания дошкольного образовательного учреждения 26
5 Выбор проводников, защитных аппаратов и осветительной арматуры в здании дошкольного образовательного учреждения 32
6 Определение параметров системы внутреннего освещения в здании дошкольного образовательного учреждения 38
7 Сети наружного освещения 46
Заключение 50
Список используемой литературы 54

Введение

Здание дошкольного образовательного учреждения (ДОУ) отдельно стоящее, 3-х этажное, прямоугольной формы в плане с габаритами в крайних осях 33,7×73,0 м. Здание имеет технический подвал для размещения технических помещений.

Новый строящийся объект является детским образовательным учреждением и обеспечивает воспитание, обучение, присмотр, уход и оздоровление детей в возрасте от 1 года до 7 лет.

Наполняемость ДОУ составляет 250 мест (13 групп), в том числе:

- две группы раннего возраста (ясельная) от 1 года до 2 лет – 15 детей;
- три группы раннего возраста (ясельная) от 2 лет до 3 лет – 20 детей;
- три группы дошкольного возраста от 3 лет до 4 лет – 20 детей;
- две группы дошкольного возраста от 4 лет до 5 лет – 20 детей;
- две группы дошкольного возраста от 5 лет до 6 лет – 20 детей;
- одна группа дошкольного возраста от 6 лет до 7 лет – 20 детей.

«Режим работы ДОУ – круглогодичный, 5-ти дневная рабочая неделя с выходными днями в субботу и воскресенье, с 7.00 до 19.00.

Продолжительность пребывания детей в ДОУ – полный день (до 12 ч.).

Здание состоит из 3 наземных этажей и 1 подземного. В подземном этаже располагаются технические помещения, помещение для временного хранения медицинских отходов. На первом этаже размещаются: входная зона с вестибюлем, помещение охраны, пять групповых ячеек для детей от 1 года до 3 лет, бассейн, медицинский блок, пищеблок. На втором этаже расположены: пять групповых ячеек для детей от 3 лет до 5 лет, кружковые, комната психологической разгрузки, музыкальный и спортивный залы с инвентарными, кладовые. На третьем этаже размещены: три групповые ячейки для детей от 5 до 7 лет, помещение для учебных занятий старших групп, административные помещения, прачечная. Так же, на каждом этаже предусмотрены помещения уборочного инвентаря и санузлы» [25].

«В составе ДОУ предусмотрены следующие функциональные группы помещений:

- групповые ячейки;
- специализированные помещения для работы с детьми (физкультурный зал, музыкальный зал, бассейн, кружковые, помещение для учебных занятий старших групп, комната психологической разгрузки);
- сопутствующие помещения (медицинский блок, пищеблок, постирочная);
- административные и санитарно-бытовые помещения» [25].

В составе отдельных групп помещений предусмотрено использование следующего технологического оборудования.

В ДОУ запроектирован пищеблок, работающий на сырье. Количество условных блюд в сутки – 2750.

Помещения пищеблока расположены отдельным блоком на первом этаже здания. Для хранения продуктов предусмотрено помещение холодильных камер для скоропортящихся продуктов. В мясо-рыбном цехе установлена стационарная электромясорубка, холодильные и морозильные шкафы, фаршемешалка, формователь котлет, весы. В холодном цехе устанавливаются среднетемпературный холодильный шкаф, универсальная кухонная машина, весы порционные и бактерицидный облучатель.

Для тепловой обработки продуктов предусмотрено технологическое оборудование, работающее на электроэнергии.

В горячем цехе установлены универсальная кухонная машина, весы порционные и кипятильник непрерывного действия. Для термической обработки продуктов предусмотрена установка электрических пищеварочных котлов, электроплит, электросковороды, пароконвектомата и жарочного шкафа. Для приготовления теста используется тестомесильная машина. Над тепловым оборудованием предусмотрена установка вытяжных зонтов.

Прачечная оснащена стирально-отжимными машинами, сушильной

машиной, гладильным катком, швейной машиной и утюгом.

Административные кабинеты, к которым относятся кабинет заведующего; комната завхоза; методический кабинет; комната преподавателей в достаточном количестве оборудованы офисной оргтехникой.

В здании предусматривается устройство пассажирского лифта с возможностью перемещения пожарных подразделений и грузового подъемника для транспортировки пищи из пищеблока в буфетные групповых ячеек. При этом установленная мощность лифта пассажирского составляет 9 кВт при номинальном напряжении 380 В, а установленная мощность грузового подъемника составляет 3 кВт при номинальном напряжении 380 В.

«Шахта лифта оборудована стационарным электрическим освещением, обеспечивающим при проведении работ по техническому обслуживанию освещенность не менее 50 лк в 1 м над крышей кабины и полом приямка даже при всех закрытых дверях шахты» [24].

Цель бакалаврской работы заключается в разработке проекта по электроснабжению детского образовательного учреждения с учетом требований к надежности электроснабжения электроприемников, безопасности и экономичности всей системы электроснабжения в целом.

1 Характеристика внешних источников электроснабжения и обоснование принятой схемы электроснабжения

Класс напряжение сети: 0,4 кВ.

Максимальная присоединяемая мощность согласно техническим условиям 349,96 кВт (в том числе 33,34 по 1 категории надежности электроснабжения).

Категория надежности: первая, вторая.

Точка подключения:

- контактные соединения коммутационных аппаратов 0,4 кВ в ГРЩ здания ДОУ и кабельных наконечников кабельных линий 0,4 кВ, отходящих в сторону в РУ- 0,4 кВ (щит №1) новой БКТП- ВВОД 1;
- контактные соединения коммутационных аппаратов 0,4 кВ в ГРЩ здания ДОУ и кабельных наконечников кабельных линий 0,4кВ, отходящих в сторону в РУ- 0,4 кВ (щит №2) новой БКТП- ВВОД 2.

Точка подключения является границей балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности электрических сетей между сетевой организацией и потребителем.

Источник питания:

Основной источник питания - ПС 110 кВ Тепкомб (ПС-195), ф. 195-43 (БКРП 4760).

Резервный источник питания - ПС 110 кВ Тепкомб (ПС-195), ф. 195-35/135 (РТП 4930).

Для электроснабжения проектируемого объекта (силами электроснабжающей организации) будет предусмотрена прокладка двух взаиморезервирующих кабельных трасс, каждая из которых состоит из двух кабелей АПвБбШп 4×240мм^2 (ориентировочно). Прокладка кабельных линий выполняется в ПНД трубах в двух отдельных траншеях отдельно для ввода 1 и ввода 2 [2]. Внутри здания линии прокладываются в глухих лотках с крышкой отдельно для ввода 1 и ввода 2.

Здание ДОУ получает питание от двух независимых взаимно резервирующих источников по двум резервируемым кабельным линиям.

Схема внешнего электроснабжения здания ДОУ приведена на рисунке 1.

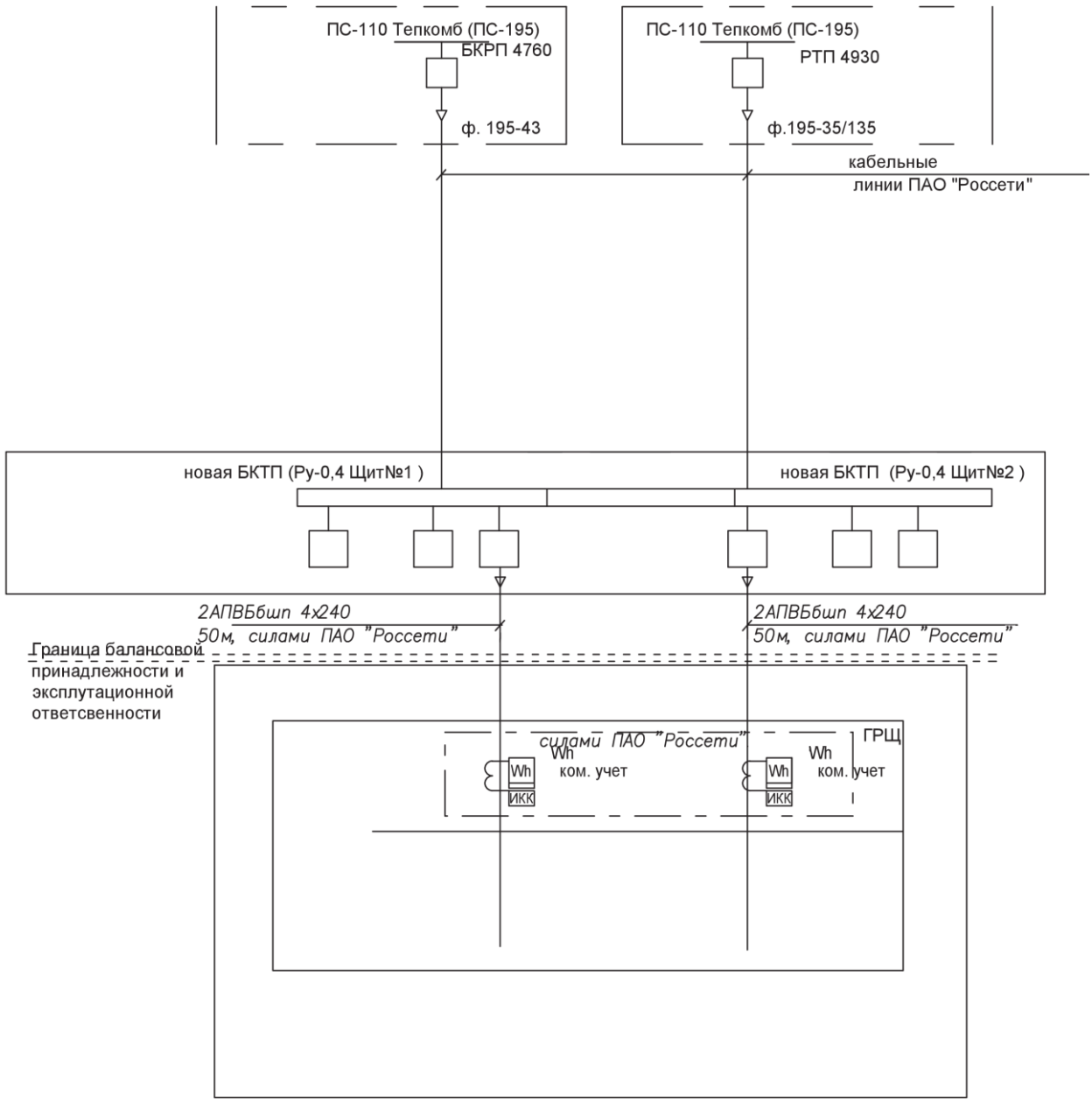


Рисунок 1 - Схема внешнего электроснабжения здания ДОУ

Для распределения и технического учета электроэнергии в помещении электрощитовой в подвале устанавливается ГРЩ. ГРЩ комплектуется из

вводно распределительных панелей типа ЩО-70 производства ОАО «Электромонтаж-55», г. С-Петербург. Коммерческий учет выполняется силами ПАО «Россети».

На рисунке 2 приведен внешний вид ЩО-70 производства ОАО «Электромонтаж-55».

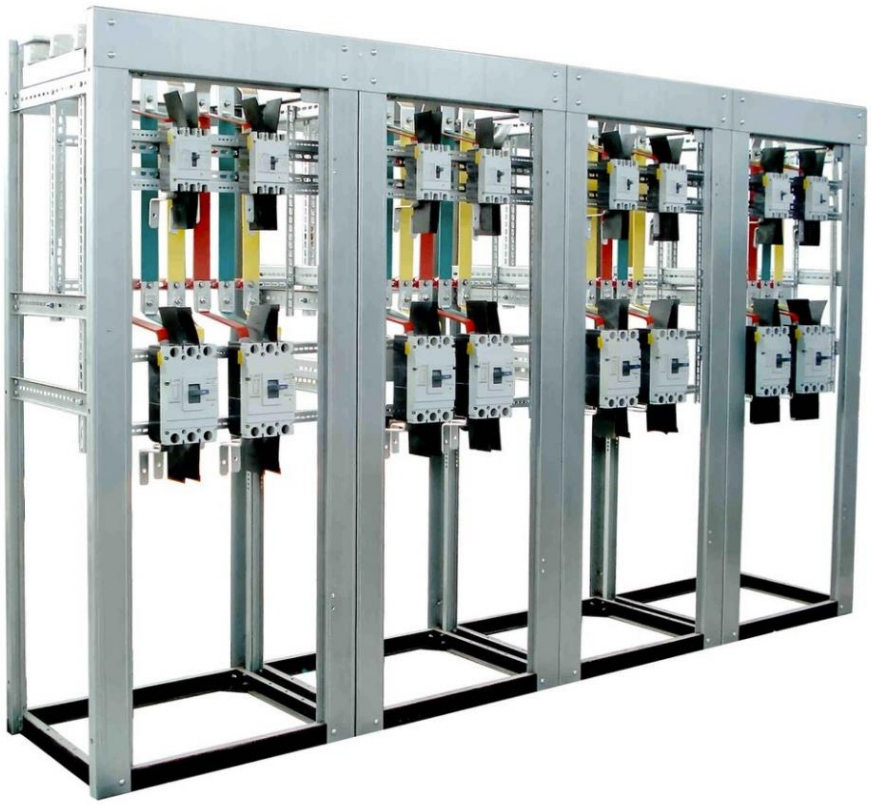


Рисунок 2 - Внешний вид ЩО-70 производства ОАО «Электромонтаж-55»

В ГРЩ предусмотрены две секции шин. Для резервирования питания предусматривается установка двух переключателей с возможным подключением каждой секции к первому или второму вводу.

«Для электроприемников I категории электроснабжения электроснабжение предусматривается от отдельной панели с АВР, с подключением двух вводных секций ГРЩ (до автоматов защиты)» [21].

Электроснабжение электроприемников систем противопожарной защиты электроснабжение предусматривается от панели противопожарных

устройств ЩПС с АВР с подключением двух вводных секций ГРЩ (до автоматов защиты).

Питание системы наружного электроосвещения предусмотрено от ЩНО. ЩНО питается от ГРЩ по II категории надежности электроснабжения.

Кабельная линия 0,4 кВ от РУ-0,4кВ новой БКТП до ГРЩ проектируемого здания согласно техническим условиям выполняется силами сетевой организации (ПАО «Россети») и не рассматривается в данной работе.

«Согласно п. 8.23 СП 256.1325800.2016, потери напряжения от ГРЩ до наиболее удаленного светильника не превышают 3%, а до остальных электроприемников – 4 %» [28].

Выводы по разделу.

ГРЩ здания ДОУ подключается по двум взаиморезервирующим кабельным линия 0,4 кВ к новой комплектной двухтрансформаторной подстанции. Прокладка кабельных линий выполняется в двух отдельных траншеях. ГРЩ комплектуется из вводно распределительных панелей типа ЩО-70 производства ОАО «Электромонтаж-55».

Для электроприемников I категории электроснабжения электроснабжение предусматривается от отдельной панели с АВР, с подключением двух вводных секций ГРЩ (до автоматов защиты).

2 Определение расчетной нагрузки по зданию детского сада

«Основными потребителями электроэнергии объекта являются:

– технологическое оборудование образовательного процесса;
– тепловое, механическое и холодильное оборудование пищеблока;
– технологическое оборудование медицинского блока;
– технологическое оборудование постирочной;
– технологическое оборудование бассейна;
– рабочее и аварийное электроосвещение;
– сантехническое инженерное оборудование;
– оборудование систем противопожарной защиты» [25].

«Расчет электрических нагрузок выполнен по удельным показателям и расчетным коэффициентам, приведенным в СП 256.1325800.2016» [28].

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{р.р}$, следует определять по формуле» [28]:

$$P_{р.р} = K_{с.р} \cdot P_{у.р} \cdot n, \quad (1)$$

где $K_{с.р}$ - расчетный коэффициент спроса;

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

n - число розеток» [28].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{р.о}$, следует определять по формуле» [28]:

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

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

$P_{р.р}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [28].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{р.с}$, следует определять по формуле» [28]:

$$P_{р.с} = K_с \cdot P_{у.с}, \quad (3)$$

где «$K_с$ - расчетный коэффициент спроса;

$P_{у.с}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [28].

«Расчетную электрическую нагрузку питающих линий и вводов в рабочем и аварийном режимах при совместном питании силовых электроприемников и освещения $P_р$, следует определять по формуле» [28]:

$$P_р = K(P_{р.о} + P_{р.с} + K_1 \cdot P_{р.х.с}), \quad (4)$$

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;

$P_{р.о}$ - расчетная электрическая нагрузка освещения;

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

$P_{р.х.с}$ - расчетная электрическая нагрузка холодильного оборудования систем кондиционирования воздуха» [28].

Результаты определения расчетных нагрузок по секциям и ГРЩ в целом заносим в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты определения расчетных нагрузок по секциям и ГРЩ в целом

Наименование потребителя	Кол-во эл. пр-ков	Мощ-ть эл. пр-ка, кВт	Установл. мощность $P_у$.кВт	Коэфф. спроса, $K_с$	Потребл. мощн. $P_п$, кВт	cosφ	tgφ	Расчетная мощность			Примечание
								$P_р$. кВт	$Q_р$, кВАр	$S_р$, кВА	
Секция 1											
Технологическое оборудование кухни:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- тепловое	7	var	100,40	0,68	68,27	1,00	0,00	68,27	0,00	-	-
- механическое	11	var	6,60	0,68	4,49	0,80	0,75	4,49	3,37	-	-
- холодильное оборудование	6	var	3,15	0,68	2,14	0,75	0,88	2,14	1,89	-	-
- холодильная камера	3	var	10,11	0,90	9,10	0,75	0,88	9,10	8,02	-	-
- технологический подъемник	1	3	3,00	0,90	2,70	0,65	1,17	2,70	3,16	-	-
- машина посудомоечная	2	8	16,00	0,85	13,60	0,95	0,33	-	-	-	в расчете не учитывается
Машина посудомоечная	14	3,45	73,60	0,60	44,16	0,95	0,33	-	-	-	в расчете не учитывается
Медицинское электрооборудование	-	-	4,00	1,00	4,00	0,92	0,43	4,00	1,70	-	-
Уборочная техника	17	var	33,32	0,20	6,66	0,80	0,75	-	-	-	в расчете не учитывается
Компьютерное оборудование	59	var	45,00	0,60	27,00	0,65	1,17	27,00	31,57	-	-
Бытовые электропотребители	-	-	26,00	0,20	5,20	0,92	0,43	5,20	2,22	-	-
Рукосушители	13	1,2	15,60	0,15	2,34	0,95	0,329	2,34	0,77	-	-
Фен	7	2	14,00	0,15	2,10	0,95	0,329	2,10	0,69	-	-
Обогрев водосточных воронок	-	-	0,15	0,00	0,15	1,00	0,00	0,15	0,00	-	-
Итого секции 1 :	-	-	350,93	0,36	-	0,94	0,363	127,49	45,44	135,35	Ip(A)=205,64
ГРЩ секция АВР1:											
Аварийное освещение (безопасности)	-	-	1,476	1,00	1,48	0,92	0,43	1,48	0,63	-	-
Оборудование охранной сигнализации	-	-	6,02	1,00	6,02	0,90	0,48	6 02	2,92	-	-
Щит с иловой ИТП (ЩИТП)	-	-	3,00	1,00	3,00	0,85	0,620	3,00	1,86	-	-
Итого по секции АВР1:	-	-	10,50	-	-	0,89	0,512	10,50	5,40	11,81	Ip(A)=17,94

Продолжение таблицы 1

Наименование потребителя	Кол-во эл. пр-ков	Мощ-ть эл. пр-ка, кВт	Установл. мощность $P_у$.кВт	Коэфф. спроса, $K_с$	Потребл. мощн. $P_п$, кВт	cosφ	tgφ	Расчетная мощность			Примечание
								$P_р$. кВт	$Q_р$, кВАр	$S_р$, кВА	
ГРЩ секция АВР2 (ЩПС):											
Аварийное освещение (эвакуационное)	-	-	9,33	1,00	9,33	0,92	0,426	9,33	3,97	-	-
Лифт	1	11,56	11,50	1,00	11,50	0,65	1,17	11,50	13,44	-	-
Оборудование пожарной сигнализации	-	-	2,00	1,00	2,00	0,65	1,169	2,00	2,34	-	-
Вентиляция дымоудаления и подпора воздуха	9	var	22,00	0,00	0,00	0,75	0,882	0,00	0,00	-	в расчете не учитывается
Вентиляция ПД (нагрев)	1	10	10,00	0,00	0,00	0,98	0,203	0,00	0,00	-	
Задвижка пожаротушения	-	-	0,18	0,00	0,00	0,70	1,020	0,00	0,00	-	
Итого по ЩПС:	-	-	55,01	-	-	0,76	0,855	22,83	19,76	30,19	Ip(A)=45,87
УКРМ 20 кВАр	-	-	-	-	-	-	-	-	50,61	-	-
Итого по вводу №1:	-	-	416, 44	0,39	-	0,95	0,329	160,82	50,61	168,6	Ip(A)=256,15
Секция 2											
Рабочее освещение	-	-	40,45	1,00	40,45	0,92	0,43	40,45	17,23	-	-
Технологическое оборудование прачечной	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- машина стиральная	2	var	18,00	0,80	14,40	0,95	0,33	14,40	4,73	-	-
- сушильное оборудование, утюг	3	var	35,50	0,80	28,40	1,00	0,00	28,40	0,00	-	-
Оборудование бассейна	-	-	26,20	0,78	20,49	0,98	0,20	19,94	4,05	-	-
Наружное освещение	-	-	3,44	1,00	3,44	0,85	0,62	3,44	2,13	-	-
Насосы дренажные	4	var	5,00	0,60	3,00	0,85	0,62	3,00	1,86	-	-
Вентиляция	29	var	19,35	0,60	11,61	0,65	1,17	11,61	13,57	-	-
Вентиляция (нагрев)	3	var	37,80	0,80	30,24	0,98	0,20	30,24	6,14	-	-
Соляная пещера	1	10	10,00	0,60	6,00	0,98	0,20	6,00	1,22	-	-
Обогрев водосточных воронок	-	-	0,15	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	-
Итого по секции 2 :	-	-	195,89	0,76	-	0,97	0,251	148,19	34,07	152,06	Ip(A)=231,03
ГРЩ, секция АВР1:											

Продолжение таблицы 1

Наименование потребителя	Кол-во эл. пр-ков	Мощ-ть эл. пр-ка, кВт	Установл. мощность $P_у$.кВт	Коэфф. спроса, $K_с$	Потребл. мощн. $P_п$, кВт	cosφ	tgφ	Расчетная мощность			Примечание
								$P_р$. кВт	$Q_р$, кВАр	$S_р$, кВА	
Аварийное освещение (безопасности)	-	-	1,476	1,00	1,48	0,92	0,43	1,48	0,63	-	-
Оборудование охранной сигнализации	-	-	6,02	1,00	6,02	0,90	0,48	6,02	2,92	-	-
Щит силовой ИТП (ЩИТП)	-	-	3,00	1,00	3,00	0,85	0,620	3,00	1,86	-	-
Итого по секции АВР1:	-	-	10,65	-	-	0,89	0,512	10,50	5,40	11,81	Ip(A)=17,94
ГРЩ, секция АВР2 (ЩПС):											
Аварийное освещение (эвакуационное)	-	-	9,33	1,00	9,33	0,92	0,426	9,33	3,97	-	-
Лифт	1	11,56	11,50	1,00	11,50	0,65	1,17	11,50	13,44	-	-
Оборудование пожарной сигнализации	-	-	2,00	1,00	2,00	0,65	1,169	2,00	2,34	-	-
Вентиляция дымоудаления и подпора воздуха	9	var	22,00	0,00	0,00	0,75	0,882	0,00	0,00	-	в расчете не учитывается
Вентиляция ПД (нагрев)	1	10	10,00	0,00	0,00	0,98	0,203	0,00	0,00	-	
Задвижка пожаротушения	-	-	0,18	0,00	0,00	0,70	1,020	0,00	0,00	-	
Итого по ЩПС:	-	-	55,01	-	-	0,76	0,855	22,83	19,76	30,19	Ip(A)=45,87
Итого по вводу №2:	-	-	261,40	0,69	-	0,95	0,329	181,52	59,23	190,9	Ip(A)=290,10
Секция АВР1											
Аварийное освещение (безопасности)	-	-	1,476	1,00	1,48	0,92	0,43	1,48	0,63	-	-
Оборудование охранной сигнализации	-	-	6,02	1,00	6,02	0,90	0,48	6,02	2,92	-	-
Щит силовой ИТП (ЩИТП)	-	-	3,00	1,00	3,00	0,85	0,620	3,00	1,86	-	-
Итого по секции АВР1:	-	-	10,65	1,00	-	0,89	0,512	10,50	5,40	11,8	Ip(A)=17,94
Секция АВР2 (ЩПС)											
Аварийное освещение (эвакуационное)	-	-	9,33	1,00	9,33	0,92	0,426	9,33	3,97	-	-
Лифт	1	11,5	11,50	1,00	11,50	0,65	1,17	11,50	13,44	-	-
Оборудование пожарной сигнализации	-	-	2,00	1,00	2,00	0,65	1,169	2,00	2,34	-	-
Итого постоянно работающее оборудование ЩПС:	-	-	22,83	-	-	0,76	0,855	22,83	19,76	30,19	Ip(A)=45,87

Продолжение таблицы 1

Наименование потребителя	Кол-во эл. пр-ков	Мощ-ть эл. пр-ка, кВт	Установл. мощность $P_у$.кВт	Коэфф. спроса, $K_с$	Потребл. мощн. $P_п$, кВт	cosφ	tgφ	Расчетная мощность			Примечание
								$P_р$. кВт	$Q_р$, кВАр	$S_р$, кВА	
Вентиляция дымоудаления и подпора воздуха	9	var	22,00	1,00	22,00	0,75	0,882	22,00	19,40	-	-
Вентиляция ПД (нагрев)	1	10	10,00	1,00	10,00	0,98	0,203	10,00	2,03	-	-
Задвижка пожаротушения	-	-	0,18	1,00	0,18	0,70	1,020	0,18	0,18	-	-
Итого оборудование, работающее только в режиме пожара:	-	-	32,18	-	-	0,83	0,672	32,18	21,62	38,77	Ip(A)=58,90
Итого по секции АВР2 (ЩПС):	-	-	55,01	-	-	0,55	1,518	55,01	82,75	99,36	Ip(A)=150,97
ГРЩ											
Рабочее освещение	-	-	40,45	1,00	40,45	0,92	0,43	40,45	17,23	-	-
Технологическое оборудование кухни	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- тепловое	7	var	100,40	0,68	68,27	1,00	0,00	68,27	0,00		-
- механическое	11	var	6,60	0,68	4,49	0,80	0,75	4,49	3,37	-	-
- холодильное оборудование	6	var	3,15	0,68	2,14	0,75	0,88	2,14	1,89	-	-
-холодильная камера	3	var	11,04	0,90	9,94	0,75	0,88	9,94	8,76	-	-
- технологический подъемник	1	3	3,00	0,90	2,70	0,65	1,17	2,70	3,16	-	-
Машина посудомоечная	14	var	73,60	0,60	44,16	0,95	0,33	-	-	-	в расчете не учитывается
Технологическое оборудование прачечной	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- машина стиральная	2	var	18,00	0,80	14,40	0,95	0,33	14,40	4,73	-	-
- сушильное оборудование, утюг	3	var	35,50	0,80	28,40	1,00	0,00	28,40	0,00	-	-
Медицинское электрооборудование			4,00	1,00	4,00	0,92	0,43	4,00	1,70	-	-
Оборудование бассейна			26,20	0,80	19,94	0,98	0,20	19,94	4,05	-	-
Уборочная техника	17	var	33,32	0,20	6,66	0,80	0,75	-	-	-	в расчете не учитывается
Наружное освещение	-	-	3,44	1,00	3,44	0,85	0,62	3,44	2,13	-	-

Продолжение таблицы 1

Наименование потребителя	Кол-во эл. пр-ков	Мощ-ть эл. пр-ка, кВт	Установл. мощность $P_у$.кВт	Коэфф. спроса, $K_с$	Потребл. мощн. $P_п$, кВт	cosφ	tgφ	Расчетная мощность			Примечание
								$P_р$. кВт	$Q_р$, кВАр	$S_р$, кВА	
Насосы дренажные	4	var	5,00	0,60	3,00	0,65	1,17	3,00	3,51	-	-
Вентиляция	29	var	19,35	0,60	11,61	0,65	1,17	11,61	13,57	-	-
Вентиляция (нагрев)	3	var	37,80	0,80	30,24	0,98	0,20	30,24	6,14	-	-
соляная комната	1	1	10,00	0,60	6,00	0,98	0,20	6,00	1,22	-	-
сушильные шкафы	13	3,2	41,60	0,60	24,96	0,98	0,20	24,96	5,07	-	-
Компьютерное оборудование	59	var	45,00	0,60	27,00	0,65	1,17	27,00	31,57	-	-
Бытовые электропотребители	-	-	26,00	0,20	5,20	0,92	0,43	5,20	2,22	-	-
Рукосушители	13	1,2	15,60	0,40	6,24	0,95	0,329	6,24	2,05	-	-
Фен	7	2	14,00	0,30	4,20	0,95	0,329	4,20	1,38	-	-
Обогрев водосточных воронок	-	-	0,15	1,00	0,15	1,00	0,00	0,15	0,00	-	-
Итого по II категории:	-	-	573,05	0,55	-	0,94	0,363	316,62	113,75	336,43	Ip(A)=511,15
Нагрузки 1 категории											
Аварийное освещение	-	-	10,82	1,00	10,82	0,92	0,426	10,82	4,61	-	-
Лифт	1	11,5	11,50	1,00	11,50	0,65	1,17	11,50	13,44	-	-
Оборудование охранной сигнализации	-	-	6,02	1,00	6,02	0,90	0,48	6,02	2,92	-	-
Оборудование пожарной сигнализации	-	-	2,00	1,00	2,00	0,65	1,169	2,00	2,34	-	-
Щит силовой ИТП (ЩИТП)	-	-	3,00	1,00	3,00	0,85	0,620	3,00	1,86	-	-
Итого	-	-	-	-	-	-	-	33,34	-	-	в расчете не учитывается
Вентиляция дымоудаления и подпора воздуха	9	var	22,00	0,00	0,00	0,75	0,882	0,00	0,00	-	
Вентиляция ПД (нагрев)	1	10	10,00	0,00	0,00	0,98	0,203	0,00	0,00	-	
Задвижка пожаротушения	-	-	0,18	0,00	0,00	0,70	1,020	0,00	0,00	-	
Компенсация 20 кВАр	-	-	-	-	-	-	-	-	118,91	-	-
Итого по ГРЩ:	-	-	638,57	-	-	0,96	0,292	383,30	118,91	401,32	Ip(A)=609,74

Выводы по разделу.

Расчетная электрическая мощность составляет 349,96 кВт из них 33,34 кВт электроприемники I категории надежности.

Расчетная мощность электроприемников противопожарной защиты 78,25 кВт.

«К электроприемникам систем противопожарной защиты относятся: система пожарной сигнализации и оповещения о пожаре, противодымная вентиляция, задвижка на обводной линии водомерного узла, пожарные насосы, аварийное освещение, лифт для МГН.

К электроприемникам I категории надежности электроснабжения относятся: электроприемники систем противопожарной защиты, ИТП, системы связи и автоматизации» [20].

3 Требования к качеству поставляемой электроэнергии и надежности электроснабжения потребителей дошкольного образовательного учреждения

Напряжение сети - 3-х фазное ~220/380 В, 50 Гц, ГОСТ 32144-2013 [7].

«К электроприемникам первой категории по надежности электроснабжения относятся:

- аварийное освещение;
- охранно-пожарная сигнализация и система оповещения;
- сети связи и сигнализации;
- система диспетчеризации;
- автоматика и средства противодымной защиты» [24];
- автоматика и средства системы пожаротушения, противопожарные насосы и сантехническое оборудование, обеспечивающее их работу;
- ИТП;
- лифт и освещение лифтовых шахт;
- оборудование ГО и ЧС.

К электроприемникам второй категории по надежности электроснабжения относятся прочие потребители.

Согласно техническим условиям вновь строящийся объект подключается к РУ-0,4 кВ новой БКТП (щит №1,2), по двум взаиморезервируемым кабельным линиям 0,4 кВ запитывается ГРЩ проектируемого объекта. Электроприемники 2 категории запитываются с 1 и 2 секции шин ГРЩ с переключением вводов по схеме «крест».

Электроприемники систем противопожарной защиты (система пожарной сигнализации и оповещения о пожаре, противодымная вентиляция, задвижка на обводной линии водомерного узла, пожарные насос ы, аварийное освещение, лифт для МГН), ИТП, системы связи, оповещения, системы безопасности, системы автоматизации относятся потребителям I категории надежности электроснабжения.

Для электроприемников I категории электроснабжения электроснабжение предусматривается от отдельной панели с АВР, с подключением двух вводных секций ГРЩ (до автоматов защиты).

Электроснабжение электроприемников систем противопожарной защиты электроснабжение предусматривается от панели противопожарных устройств ЩПС с АВР с подключением двух вводных секций ГРЩ (до автоматов защиты).

В нормальном режиме электроприемники питаются с распределительных шин от разных вводов, в послеаварийном режиме электроприемники получают питание с ввода, оставшегося под напряжением. Время переключения на функционируемый ввод - время, достаточное для переключения рубильника вручную. Электроприемники 1 категории запитываются с двух вводов через АВР, от третьей секции шин. Электроснабжение электроприемников систем противопожарной защиты предусматривается от панели противопожарных устройств ЩПС с АВР с подключением двух вводных секций ГРЩ (до автоматов защиты). «При пропадании напряжения на рабочем вводе блок АВР автоматически переключается на резервный ввод, оставшийся под напряжением» [1]. При восстановлении напряжения на рабочем вводе блок АВР переключается самостоятельно. Электроприемники II категории надежности электроснабжения переключаются рубильником вручную.

«Панели ППУ и АВР имеют боковые стенки для противопожарной защиты, установленной в них аппаратуры. Фасадная часть панели ППУ имеет отличительную окраску (красную).

При возникновении пожара предусматривается автоматическое отключение вентиляторов общеобменной вентиляции и отопительных агрегатов с одновременным включением устройств противопожарной защиты» [24].

Компенсация реактивной мощности, обеспечивающая значение коэффициента реактивной мощности в точке присоединения не выше

tgφ=0,35, предусмотрена с помощью автоматической конденсаторной установки компенсации реактивной мощности типа КРМ-0,4 20 кВар, устанавливаемой в электрощитовой.

Для автоматизации электроснабжения предусмотрено:

– для обеспечения потребителей I категории – устройство АВР;
– для автоматического управления наружным освещением – темновое реле.

Для предотвращения образования наледи на кровле здания и на козырьках над входами предусмотрена установка водосточных воронок с электроподогревом. Водосточные воронки подключаются к щиту обогрева водосточных воронок ЩОВВ, расположенному в помещении электрощитовой в подвале здания. Электрическая принципиальная схема щита ЩОВВ приведена на рисунке 3.

«Для управления системой подогрева в щите располагается электронный регулятор температуры РТ-200 «Теплоскат». Контроллер «Теплоскат» является специализированным прибором, предназначенным преимущественно для управления системами электрообогрева кровли. Контроллер позволяет тратить ровно столько электроэнергии, сколько это необходимо для очистки поверхности кровли и водосточных труб от воды. Все параметры прибора настроены оптимальным образом при изготовлении и могут быть изменены пользователем через экранное меню. Система предотвращает образование наледи, обеспечивает сток талой воды, предотвращает закупорку водостоков льдом и образование сосулек на карнизах. Система состоит из электронного блока управления с четырьмя встроенными реле (8 А макс), датчиком температуры воздуха, датчиком температуры кабеля, датчиком осадков с подогревом, датчиком талой воды, кнопки дистанционного управления. Принцип работы регулятора состоит в следующем: при попадании температуры окружающего воздуха в рабочий диапазон (устанавливается при изготовлении и может быть изменен пользователем) снимается блокировка со всех цепей управления

нагрузкой» [16].

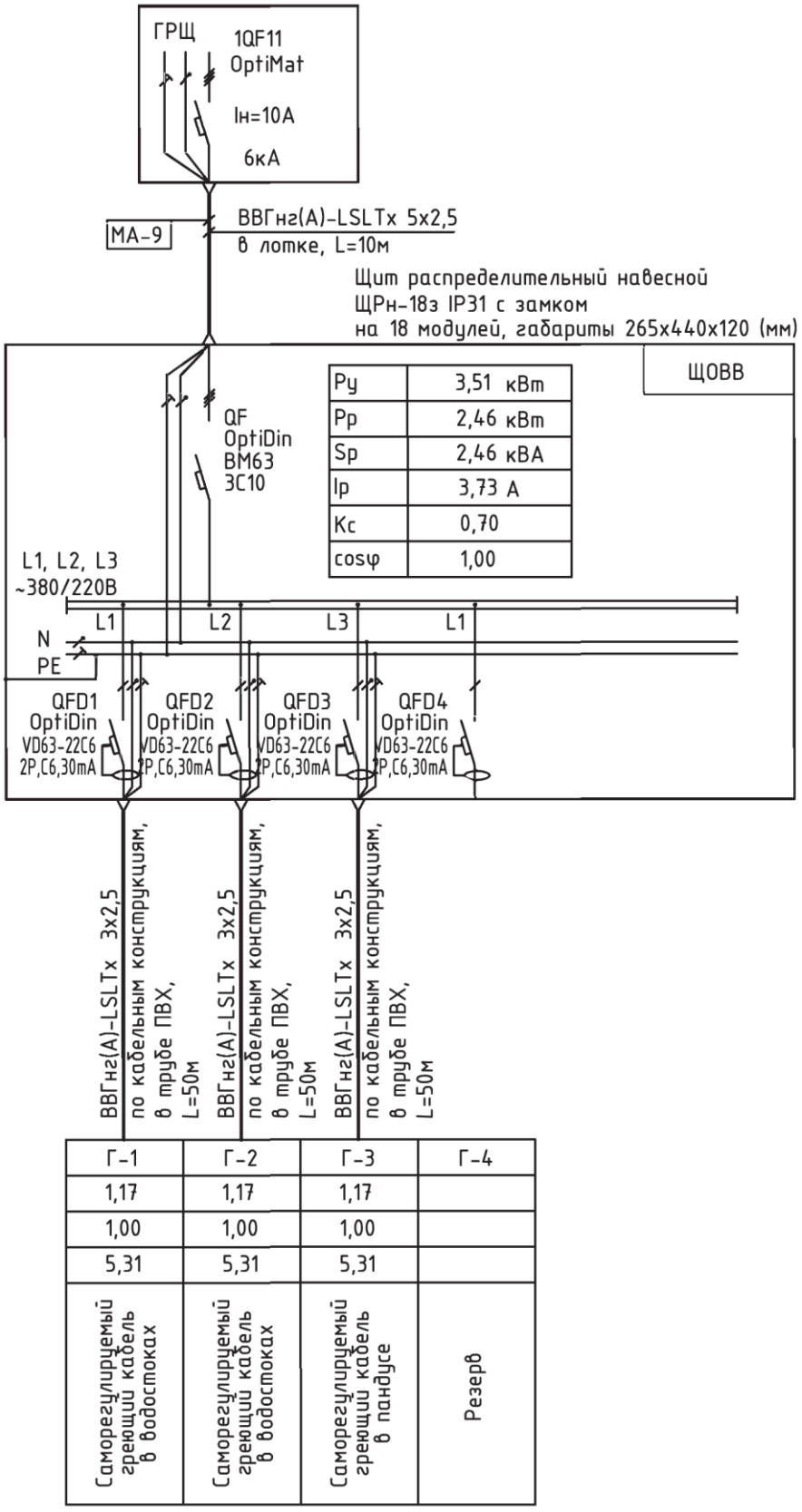


Рисунок 3 - Электрическая принципиальная схема щита ЩОВВ

«Если предварительно был установлен таймер включения обогрева при входе в температурный диапазон (устанавливается при изготовлении и может быть изменен пользователем), прибор включит обогрев всей кровли на время установленное в таймере (режим подготовки). По окончании этого времени, обогрев выключится. Прибор начинает контролировать состояние датчиков воды и осадков. При возникновении осадков, прибор включает обогрев кровли и лотков. По окончанию осадков, прибор отключает обогрев кровли. Водосточные лотки и трубы продолжают подогреваться до пропадания сигнала с датчика талой воды. После этого обогрев лотков и труб будет продолжать работать по встроенному таймеру задержки. По окончании времени задержки обогрев отключится. Кроме того, возможно ручное управление прибором в виде принудительного включения обогрева, либо аварийного отключения обогрева» [16]. В таблице 2 представлены основные технические характеристики контроллера «Теплоскат».

Таблица 2 - Основные технические характеристики контроллера «Теплоскат»

Характеристика	Значение
«Диапазон регулирования установочных температур	–30 °С ... +25 °С
Температура эксплуатации	+5 °С ... + 40 °С
Максимальная относительная влажность воздуха (при +35 °С)	80 %
Электропитание	~ 220 +10%/-15% В 50 Гц
Максимально допустимый ток нагрузки через контакты реле	8 А
Масса	450 г
Габариты	105 × 90 × 66 мм
Номинальная потребляемая мощность	не более 5 Вт
Степень защиты	IP20
Тип крепления	DIN-рейка, 6 модулей
Сохранение установок при отключенном питании	12 месяцев
Используемый датчик температуры	TST01
Используемый датчик осадков	TSP01, TSP02
Используемый датчик воды» [16]	TSW01

Работы по организации коммерческого узла учета электрической энергии выполняет ПАО «Россети» и в данной работе не рассматривается.

На вводах секций установлен технический учет электроэнергии.

Для обеспечения энергоснабжения в электроустановках в работе предусмотрены следующие энергосберегающие мероприятия:

- применяется энергоэффективное оборудование, соответствующее требованиям государственных стандартов;
- «выбор технологического оборудования выполнен с учетом требований В соответствии с Федеральным Законом №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» и другими нормативными актами. Предусмотрено оборудование класса электропотребления А и А+;
- автоматическое управление электроприемниками в зависимости от их технологического предназначения;
- для освещения применяются светодиодные источники света;
- распределительные устройства максимально приближены к центру электрических нагрузок» [29].

Выводы по разделу.

Электроприемники 2 категории запитываются с 1 и 2 секции шин ГРЩ с переключением вводов по схеме «крест».

Электроснабжение электроприемников систем противопожарной защиты электроснабжение предусматривается от панели противопожарных устройств ЩПС с АВР. В нормальном режиме электроприемники питаются с распределительных шин от разных вводов, в послеаварийном режиме электроприемники получают питание с ввода, оставшегося под напряжением.

Компенсация реактивной мощности, обеспечивающая значение коэффициента реактивной мощности в точке присоединения не выше $tg\varphi=0,35$, предусмотрена с помощью автоматической конденсаторной установки компенсации реактивной мощности типа КРМ-0,4 20 кВар, устанавливаемой в электрощитовой.

Для предотвращения образования наледи на кровле здания и на козырьках над входами предусмотрена установка водосточных воронок с электроподогревом, управляемым электронным регулятором температуры РТ-200 «Теплоскат».

«Принцип работы регулятора состоит в следующем: при попадании температуры окружающего воздуха в рабочий диапазон снимается блокировка со всех цепей управления нагрузкой. При возникновении осадков, прибор включает обогрев кровли и лотков. По окончанию осадков, прибор отключает обогрев кровли. Водосточные лотки и трубы продолжают подогреваться до пропадания сигнала с датчика талой воды» [16].

Энергосберегающие мероприятия включают в себя выбор энергоэффективного электрооборудования, автоматическое управление элекроприемниками, применение светодиодах светильников и приближение распредустройств к центрам электрических нагрузок.

4 Заземление и молниезащита здания дошкольного образовательного учреждения

Система заземления здания принята TN-C-S.

«В целях обеспечения безопасности людей от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции токоведущих частей электроустановок применены следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- все нетоковедущие части электрооборудования подлежат заземлению;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов» [10];
- система дополнительного уравнивания потенциалов в моечных, душевых, ванных комнатах, санузлах, процедурной;
- групповые линии, питающие розеточные сети, подключаются через дифференциальный автоматический выключатель с током срабатывания не более 30 мА.

«В качестве нулевых защитных проводников используются специально предусмотренные в однофазной сети третьи жилы кабелей и в трехфазной сети - пятые жилы кабелей.

Главная заземляющая шина (ГЗШ) выполнена в ГРЩ, к которой подсоединяются PEN проводники питающих линий, металлоконструкции здания, металлические части централизованных систем вентиляции, металлические корпуса щитов, контура выравнивания потенциалов и заземляющий проводник, подсоединений к заземляющем устройству.

На рисунке 4 приведена схема основной системы уравнивания потенциалов.

В моечных и санузлах, а также медицинских помещениях для дополнительной системы уравнивания потенциалов предусматривается установка коробок ДСУП и присоединение всех металлических корпусов сантехнического оборудования к проводнику РЕ в силовом щитке» [11].

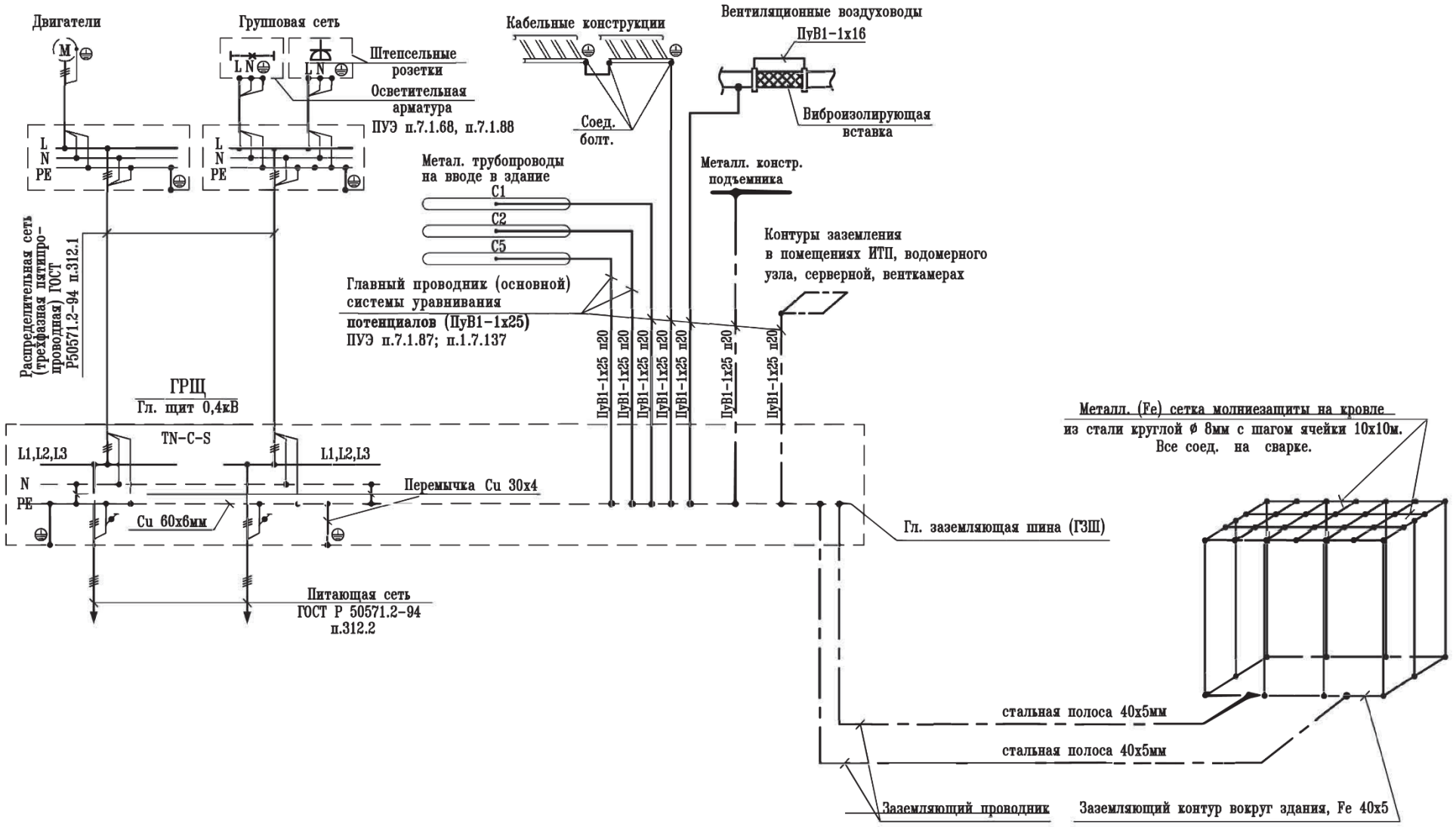


Рисунок 4 - Схема основной системы уравнивания потенциалов

На рисунке 5 приведена схема дополнительной системы уравнивания потенциалов в моечных и санузлах.

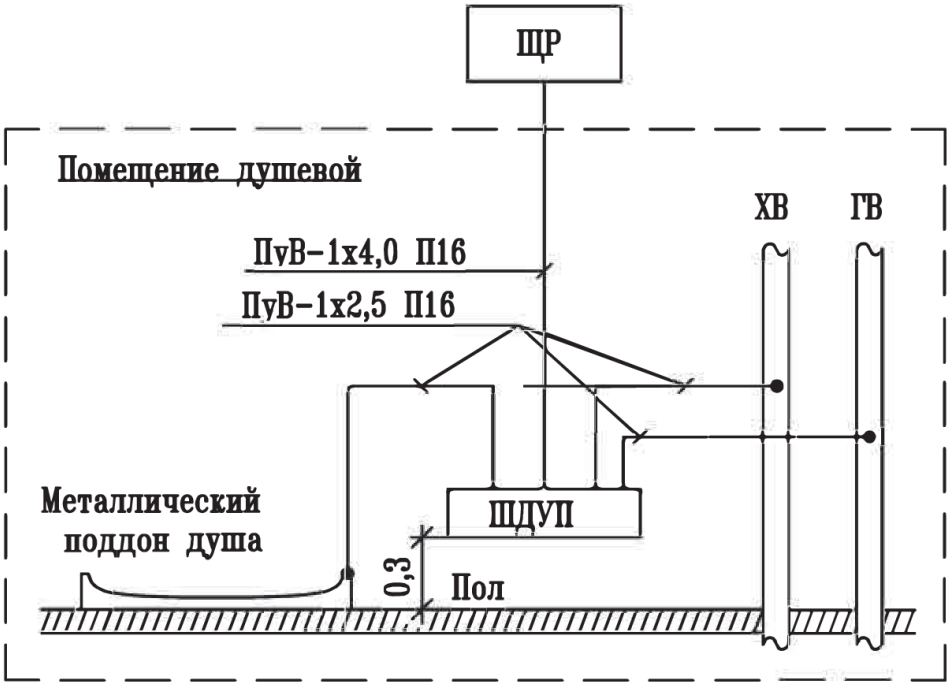


Рисунок 5 - Схема дополнительной системы уравнивания потенциалов в моечных и санузлах

«Медицинские помещения группы 1(процедурная) оборудовано системой дополнительного уравнивания потенциалов.

Шина дополнительного уравнивания потенциалов располагается в коридоре медкабинета в силовом щите ЩС1.3, к которой подключают проводники дополнительного уравнивания потенциалов и защитные проводники» [11].

На рисунке 6 приведена схема дополнительной системы уравнивания потенциалов в медицинском помещении (процедурной).

«Устройство молниезащиты объекта выполнено в соответствии с «Инструкцией молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО153-34.21.122-2003 по III категории и выполняет защиту от прямых ударов молнии. В качестве молниеприемника используется сетка

из круглой стали диаметром 8 мм с шагом ячейки не более 10 м. В качестве токоотводов используются вертикальные электроды – из стального прутка диаметром 16 мм, длиной 3 м» [22].

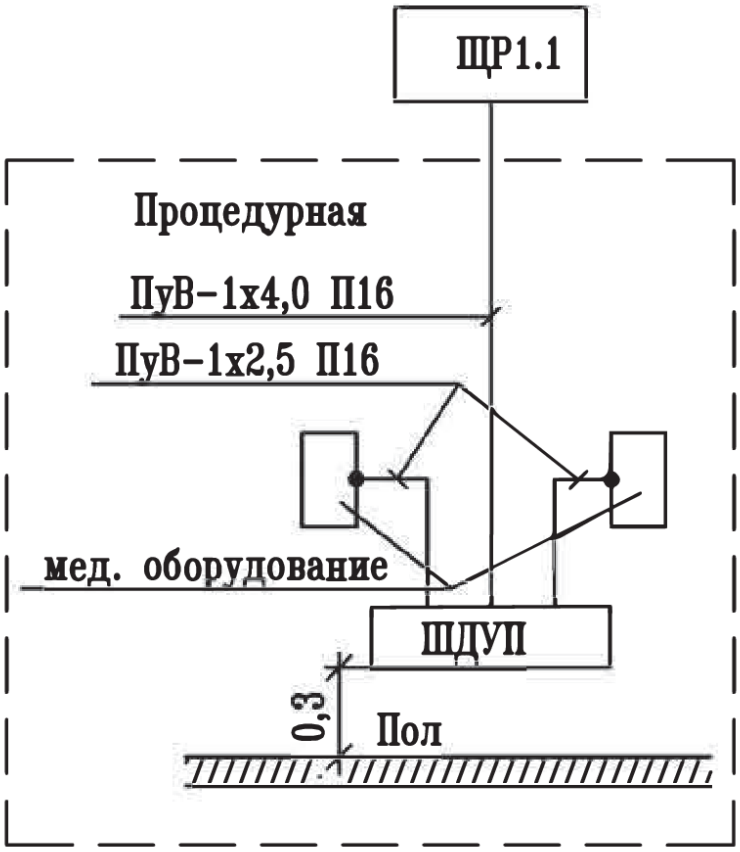


Рисунок 6 - Схема дополнительной системы уравнивания потенциалов в медицинском помещении (процедурной)

«Тоководы прокладываются по наружным стенам здания. В качестве заземлителя используется контур заземления. Контур заземления выполнен из стальной оцинкованной полосы 40×5 (горизонтальных заземлитель)» [19]. Контур располагается по периметру здания на расстоянии 1 м от фундамента с учетом подземных коммуникаций на глубине 0,7м от уровня земли. Соединения выполняются сваркой.

«Сопротивление одного вертикального электрода из угловой стали» [11]:

$$R_{во} = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.в}}{l} \cdot (\lg \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t' + l}{4t' - l}), \quad (5)$$

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

l – длина вертикального заземлителя;

b – ширина полки уголка;

t' - глубина заложения верха заземлителя» [11];

«Находим глубину заложения верха заземлителя» [11]:

$$t' = t_0 + \frac{1}{2} l, \quad (6)$$

где «$t_о$ – глубина заложения вершины вертикального заземлителя» [11].

«Сопротивление вертикальных электродов при коэффициенте использования нормативном коэффициенте использования» [11]:

$$R_в = \frac{R_{во}}{\eta_в \cdot n_в}, \quad (7)$$

где «$\eta_в$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [11].

«Сопротивление горизонтального электрода из оцинкованной полосы для 2-ой климатической зоны» [11]:

$$R_г = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.г}}{l_г} \cdot \lg \frac{2l_г^2}{b \cdot t_0}, \quad (8)$$

где «$l_г$ – длина горизонтального заземлителя;

b – ширина полосы горизонтального заземлителя;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя» [11].

«Расчетное результирующее сопротивление $R_и$ заземляющего устройства» [11]:

$$R_и = \frac{R_г \cdot R_в}{R_г + R_в}, \quad (9)$$

Выводы по разделу.

Система заземления здания принята TN-C-S.

«Главная заземляющая шина (ГЗШ) выполнена в ГРЩ, к которой подсоединяются PEN проводники питающих линий, металлоконструкции здания, металлические части централизованных систем вентиляции, металлические корпуса щитов, контура выравнивания потенциалов и заземляющий проводник, подсоединений к заземляющем устройству» [11].

В качестве молниеприемника используется сетка из круглой стали диаметром 8 мм с шагом ячейки не более 10 м.

В качестве заземлителя используется контур заземления. Контур заземления выполнен из стальной оцинкованной полосы 40×5 расположенной по периметру здания на расстоянии 1 м от фундамента и на глубине 0,7 м от поверхности земли.

5 Выбор проводников, защитных аппаратов и осветительной арматуры в здании дошкольного образовательного учреждения

Распределительные и групповые сети внутри здания ДОУ выполняются кабелями ВВГнг(а)-LSLTx.

Предполагаемая питающая кабельная линия выполняется кабелями АПвБбШп 4×240 мм^2 в земле.

Кабельные линии систем противопожарной защиты выполняются огнестойкими кабелями ВВГнг(А)-FRLSLTx, входящими в состав огнестойких кабельных линий.

Внешний вид кабелей ВВГнг(а)-LSLTx приведен на рисунке 7.

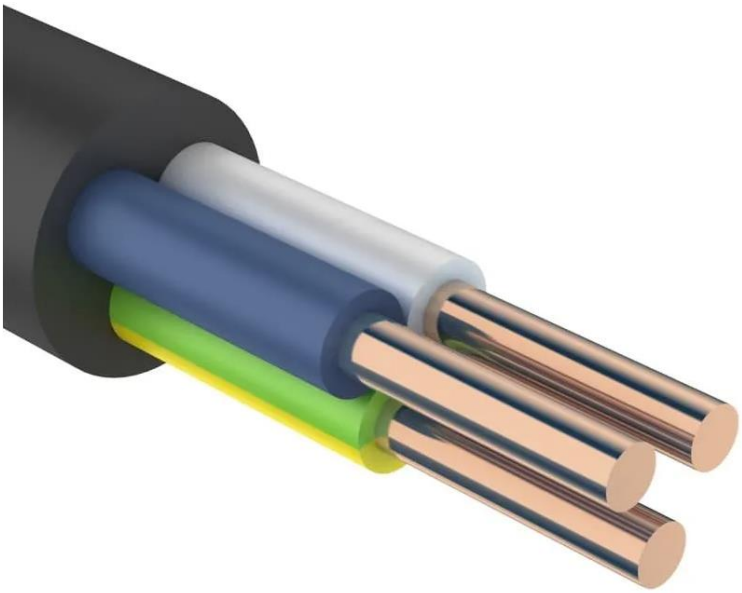


Рисунок 7 - Внешний вид кабелей ВВГнг(а)-LSLTx

«В пожароопасных зонах кабели имеют оболочку из материалов, не распространяющих горение» [6].

Внешний вид кабелей ВВГнг(А)-FRLSLTx приведен на рисунке 8.

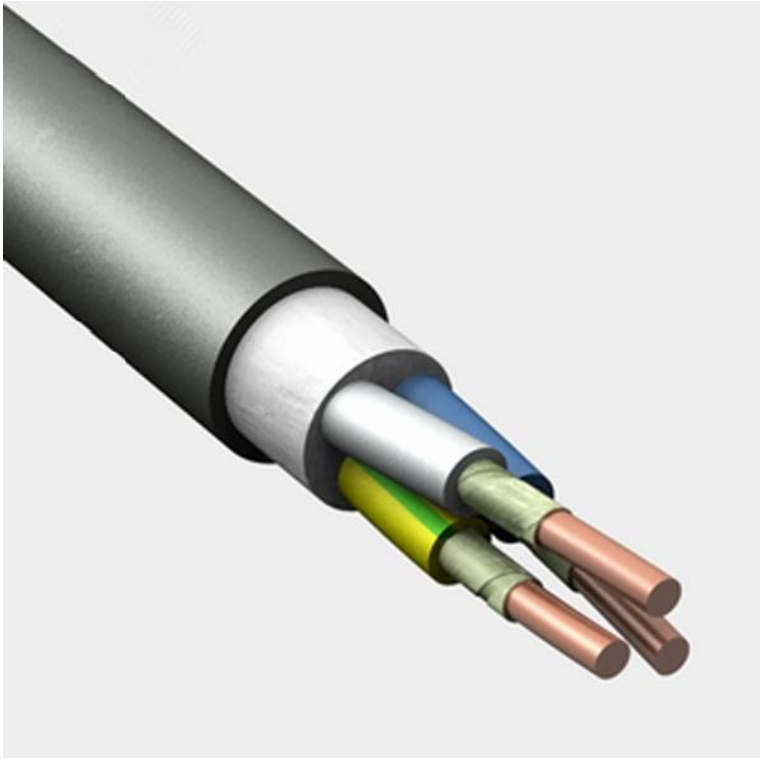


Рисунок 8 - Внешний вид кабелей ВВГнг(А)-FRLSLTx

«Кабели выбираются по длительно-допустимому току, проверяются по потере напряжения и обеспечению автоматического отключения аварийного участка при возникновении однофазного короткого замыкания.

Кабельные линии систем противопожарной защиты прокладываются отдельно от других кабелей и проводов» [6]. Взаимно-резервируемые кабели прокладываются с соблюдением необходимого расстояния или разными трассами.

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [17]:

$$I_{дд} = I_{ном.дд} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (10)$$

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» [17].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле» [17]:

$$U = \frac{I_{расч} \cdot L \cdot R_{уд}}{S}, \quad (11)$$

где «$I_{расч}$ - расчетный ток, А;

L - длина линии, м;

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

S - сечение провода, мм» [17].

«Для защиты кабельных линий от перегрузки в точках подключения устанавливаются автоматические выключатели, которые выбраны по току и по условиям короткого замыкания» [5].

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

– по номинальному напряжению» [17]

$$U_н \geq U_{нс};, \quad (12)$$

– «по номинальному току» [17]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (13)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [17]:

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)},, \quad (14)$$

где «$I_{КЗ}^{(3)}$ – периодическая составляющая трехфазного тока КЗ» [17].

«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.

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

Определяют ток уставки расцепителя с независимой от тока характеристикой» [17]:

$$k_{рн} \cdot I_{у} > k_{н} \cdot I_{пуск},, \quad (15)$$

где «$I_{у}$ – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$ – пусковой ток двигателя;

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

$k_{н}$ - принимается равным 1,1 - 1,5» [17].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [17]:

$$t_{i} > t_{пi},, \quad (16)$$

где «t_{i} – время срабатывания расцепителя с обратной зависимой от тока характеристикой;

$t_{пi}$ – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [17].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [17]

$$t_{ср} > t_{доп},, \tag{17}$$

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

$t_{доп}$ – допустимое время отключения в соответствие с ПУЭ» [18].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [17]:

$$I_{ра} \le I_{нр} \le I_{доп},, \tag{18}$$

$$I_2 \le 1,45 I_{доп},, \tag{19}$$

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

$I_{нр}$ – номинальный ток расцепителя;

$I_{доп}$ – допустимы ток кабеля;

I_2 – ток, обеспечивающий надежное срабатывания устройств защиты» [17].

«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 соответствие с ПУЭ защита в низковольтных сетях должна быть селективной» [17].

Для внутреннего освещения предусмотрены светодиодные светильники производства ООО «АСЗТ».

Для эвакуационного освещения предусмотрены светильники с

автономными источниками питания, рассчитанными на работу от встроенной аккумуляторной батареи в течении 1,5 часов.

«Предусматриваемая кабельная и светотехническая продукция имеет сертификаты Российской Федерации в области пожарной безопасности» [20].

Электрооборудование соответствует классу пожаровзрывоопасной зоны, в котором оно установлено. «При выборе электрооборудования, устанавливаемого в пожароопасных зонах, были учтены условия окружающей среды» [20]. Степень защиты оболочки электрооборудования соответствовать класса пожароопасной зоны. В пожароопасных зонах применяются металлические ответвительные и соединительные коробки, со степенью защиты оболочки IP54.

Кабельные линии от трансформаторной подстанции до ГРЩ проектируемого объекта прокладываются силами ПАО «Россети». Питающие взаимно-резервируемые кабельные линии по помещению электрощитовой прокладываются в раздельных огнестойких каналах и имеют огнезащитное покрытие.

Выводы по разделу.

Распределительные и групповые сети внутри здания ДОУ выполняются кабелями ВВГнг(а)-LSLTx.

«Кабельные линии систем противопожарной защиты выполняются огнестойкими кабелями ВВГнг(А)-FRLSLTx, входящими в состав огнестойких кабельных линий (ОКЛ)» [6].

Кабели были выбраны по длительно-допустимому току, проверены по потере напряжения и обеспечению автоматического отключения аварийного участка при возникновении однофазного короткого замыкания.

Для защиты кабельных линий от перегрузки и КЗ в точках подключения устанавливаются автоматические выключатели, которые выбраны по току и по условиям короткого замыкания.

6 Определение параметров системы внутреннего освещения в здании дошкольного образовательного учреждения

«На объекте предусматривается организация рабочего, аварийного, дежурного и наружного освещения. Для обеспечения нормируемых показателей освещения используется система общего освещения.

Электроснабжение светильников рабочего освещения предусматривается от щитов рабочего освещения ЩО, а аварийного освещения от щитов ЩАО.

Управление освещением предусматривается местным, клавишными выключателями, устанавливаемыми внутри у входа в обслуживаемые помещения со стороны открывания двери. В местах, где возможно пребывание воспитанников, высота установки выключателей составляет 1,8 м от уровня чистого пола. В помещениях с четырьмя и более светильниками рабочего освещения, не имеющих освещения безопасности и эвакуационного, светильники разделяются на две и более управляемые группы. Управление освещением в коридорах, на лестничных клетках предусматривается дистанционным. Управление освещением над входами и наружным освещением предусматривается автоматическим, с возможностью управления из системы диспетчеризации.

В спальных помещениях должно предусматриваться дежурное освещение.

Для организации дежурного освещения применяются светильники аварийного освещения в соответствии с п.7.1.1 СП 52.13330» [26].

«Управление режимом дежурного освещения осуществляется из системы диспетчеризации.

Ремонтное освещение предусматривается в следующих помещениях: ИТП, венткамера, электрощитовая.

Для обеспечения ремонтного освещения применяются ящики с трансформатором, понижающим на напряжение ~220/36 В. Ящики с

трансформаторами понижающими подключаются к групповым сетям рабочего освещения.

В здании ДОУ предусматривается аварийное эвакуационное освещение (освещение путей эвакуации и освещение зон повышенной опасности). Для аварийного освещения применяются светодиодные светильники с встроенными блоками аварийного питания (БАП)» [12].

Освещение путей эвакуации предусматривается: в коридорах и проходах по путям эвакуации, на лестницах; в зоне каждого изменения направления пути; на пересечении проходов и коридоров; снаружи перед конечным выходом из здания.

Эвакуационное освещение зон повышенной опасности предусматривается для безопасного завершения потенциально опасного процесса и ситуации в горячем цеху. «Резервное освещение выполняется: в групповых; в электрощитовой); в медицинском пункте; в ИТП; в помещении охраны, в серверной.

Для обеспечения требований п. 6.2.32 СП 59.13330.2020, предусматривается освещенность в пожаробезопасных зонах, санузлах для МГН, входной площадке и на путях эвакуации не менее 100 лк» [27].

«Для освещения путей эвакуации на полу по оси прохода шириной до 2 м, нормируемая освещенность Em составляет не менее 1 лк, а у пункта первой помощи, снаружи перед каждым конечным выходом из здания не менее 5 лк.

Предельная равномерность освещенности Emin/Emax составляет не более 1:40. Продолжительность работы аварийного освещения составляет не менее 1 часа» [12].

Освещение зон повышенной опасности предусматривает нормируемую освещенность Em=10% от освещенности для общего рабочего освещения, но не менее 15 лк. «Предельная равномерность освещенности Emin/Emax составляет не более 1:10. Продолжительность работы аварийного освещения составляет не менее 1 часа» [12].

Осветительные приборы аварийного освещения предусматриваются

постоянного действия, включенные одновременно с осветительными приборами. «В связи с тем, что для рабочего и аварийного освещения используются светильники с однотипным корпусом, то светильники аварийного освещения маркируются пиктограммой с буквой «А» красного цвета» [12].

Эвакуационные знаки безопасности постоянного действия устанавливаются: в местах, предусмотренных СП 3.13130 [23].

Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре»); для обозначения движения МГН в безопасную зону; для обозначения безопасных зон МГН; для обозначения постов медицинской помощи; для обозначения мест размещения средств экстренной связи и других средств оповещения о чрезвычайной ситуации; в местах установки соединительных головок для подключения техники, используемой в чрезвычайных ситуациях. Питание эвакуационных знаков безопасности в нормальном режиме осуществляется от источника питания, независимого от источника питания рабочего освещения. В аварийном режиме световые указатели выход переходят на питание от встроенной аккумуляторной батареи. Продолжительность работы эвакуационных знаков безопасности составляет не менее 1 часа.

«Электроснабжение светильников аварийного освещения осуществляется от щитов аварийного освещения. Питание щитов аварийного освещения осуществляется от панели ПЭСПЗ. Групповые линии освещения выполняются огнестойкими кабельными линиями (ОКЛ). Для управления групповых линий аварийного освещения предусматривается аппараты управления (контакторы), устанавливаемые в щитах аварийного освещения (ЩАО)» [12].

Светильники, применяемые для аварийного освещения, соответствуют ГОСТ 27900 [4] и ГОСТ IEC 60598-2-22-2012 [8]. Эвакуационные знаки безопасности соответствуют ГОСТ 12.4.026 [9].

Уровни освещенности в помещениях определены в соответствии с требованиями СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»

[26]:

- раздевальные - 300 лк;
- групповые, игральные - 500 лк;
- комнаты музыкальных и гимнастических занятий - 500 лк;
- столовые - 400 лк;
- спальные - 200 лк;
- медицинские кабинеты - 500 лк;
- изоляторы, комнаты для заболевших детей - 200 лк;
- кабинеты информатики и вычислительной техники - 500 лк;
- снарядные инвентарные, хозяйственные кладовые - 100 лк;
- крытые бассейны - 300 лк;
- кабинеты и комнаты преподавателей - 500 лк;
- комнаты кружков - 500 лк;
- коридоры главные – 100 лк;
- раздаточные - 300 лк;
- горячие цехи, холодные и заготовительные цехи - 400 лк;
- доготовочные цехи - 300 лк;
- моечные кухонной и столовой посуды, помещения для резки хлеба - 300 лк;
- помещения для подготовки продуктов - 300 лк;
- загрузочные, кладовые - 200 лк;
- главные лестничные клетки, тамбуры - 100 лк;
- лифтовые холлы с пожаробезопасной зоной МГН - 150 лк;
- коридоры главные (с эвакуацией МГН) - 150 лк.

Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования.

«Индекс помещения *i* определяется по выражению» [26]:

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

где «A и B - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [26].

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [26]:

$$N = \frac{E_н \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot Ф_л \cdot \eta}, \quad (21)$$

где «N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

$Ф_л$ - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [26].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p.

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [26]:

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

где «$P_{нл}$ - мощность одной лампы» [26].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B» [26]:

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

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A» [26]:

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

«Определяем расстояние между светильниками L и расстояние от крайнего ряда светильников до стены l» [26]:

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

Расчет требуемого количества светильников производился в программе Dialux.

На рисунке 9 приведены результаты расчета освещения первого этажа дошкольного образовательного учреждения в программе Dialux (протокол расчета) и перечень выбранных для использования светильников.

В помещениях №159 и №210, где по расчетам КЕО определено совмещенное освещение, нормируемая освещенность повышается на одну ступень по шкале освещенности (увеличение на 100 лк), в соответствии с п.6.6 СП 52.13330.2016.

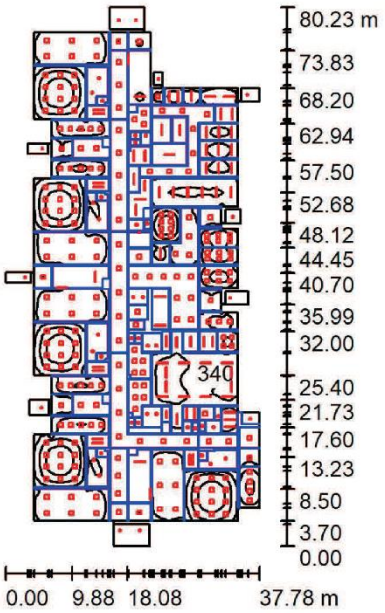
В Физкультурном зале установлены светодиодные светильники с опаловым рассеивателем и защитной решеткой. Опаловый рассеиватель создает равномерное свечение, исключающее слепящий эффект.

В помещениях пищеблока, душевых, бассейне, прачечной применены светодиодные светильники с IP65 (пылевлагонепроницаемые).

В остальных помещениях применены светодиодные светильники с IP20.

Все светильники рабочего освещения должны соответствовать требованиям ГОСТ Р МЭК 60598-1-99 [14] и ГОСТ Р МЭК 598-2-9-98 [13].

Светильники аварийного освещения должны соответствовать требованиям ГОСТ Р МЭК 60598-2-22-99 [15].



Высота помещения: 3.430 m, Коэффициент эксплуатации: 0.75 Значения в Lux, Масштаб 1:1031

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	329	17	841	0.051
Полы	20	210	8.49	686	0.040
Потолок	70	62	5.75	896	0.093
Стенки (80)	50	130	8.48	581	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Соотношение освещенностей (по LG7): Стенки / Рабочие плоскости: 0.420, Потолок / Рабочая плоскость: 0.185.

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	13	ASTZ - ДБО85-16-001 Tablette 940 (1.000)	1357	1357	15.4
2	35	ASTZ - ДБО88-30-101 CDR 940 (1.000)	3316	3316	29.9
3	41	ASTZ - ДПО12-30-003 Universal Opal 940 (1.000)	3461	3461	31.0
4	51	ASTZ - ДПО12-38-003 Universal Opal 940 (1.000)	3978	3978	35.7
5	93	ASTZ - ДПО12-45-003 Universal Opal 940 (1.000)	4972	4972	44.7
6	41	ASTZ - ДПО15-38-001 Universal WP 940 (1.000)	3644	3644	35.7

Рисунок 9 - Результаты расчета освещения первого этажа в программе Dialux

Выводы по разделу.

«На объекте предусматривается организация рабочего, аварийного,

дежурного и наружного освещения. Для обеспечения нормируемых показателей освещения используется система общего освещения» [26].

Для внутреннего освещения предусмотрены светодиодные светильники производства ООО «АСЗТ».

Для эвакуационного освещения предусмотрены светильники с автономными источниками питания, рассчитанными на работу от встроенной аккумуляторной батареи в течении 1,5 часов.

«Осветительные приборы аварийного освещения предусматриваются постоянного действия, включенные одновременно с осветительными приборами. В связи с тем, что для рабочего и аварийного освещения используются светильники с однотипным корпусом, то светильники аварийного освещения маркируются пиктограммой с буквой «А» красного цвета» [12].

Уровни освещенности в помещениях были определены в соответствии с требованиями СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [26]. Для каждого из помещений дошкольного образовательного учреждения был произведен расчет необходимого количества светильников в программе светотехнических расчетов Dialux.

7 Сети наружного освещения

Точкой присоединения сети освещения бульвара является ЩНО здания.

Напряжение сети 230/400 В.

Категория надёжности электроснабжения: третья.

Система заземления наружного освещения TN-S.

Схема электрических сетей построена исходя из требований, предъявляемых к электробезопасности и надёжности электроснабжения. Точками присоединения питания сети наружного освещения являются ГРЩ (главный распределительный щит), находящиеся в электрощитовой. Питание ГРЩ осуществляется от двух независимых, взаимно резервирующих источников питания – разных секций сборных шин РУ-0,4 кВ проектируемой ТП, выполненной отдельным проектом. Сеть освещения выполнена кабелями марки ВБбШв 5×10, проложенными в гибких двустенных трубах в земле.

Наружное освещение выполняется на базе складных стоек ОГКС 7 производства ГК «Амира» и светильников Галеон S Led-40-ШБ и Галеон L Led-150-ШБ торговой марки «Галад».

В работе используется оборудования отечественного производства.

Осветительные сети во всех случаях должны быть защищены от токов короткого замыкания. «Номинальные токи аппаратов защиты должны быть не менее расчётных токов защищаемых участков, по возможности близкими к ним и не должны отключать электроустановку при включении ламп. В установках с глухим заземлением нейтрали проводники должны быть выбраны таким образом, чтобы при коротком замыкании возникал ток, превышающий не менее чем в три раза номинальный ток плавкой вставки предохранителя или расцепителя автомата, имеющего обратно зависимую от тока характеристику» [17].

«Принимаем, что питающая энергосистема большой мощности ($x_{\text{С}} \leq 0{,}1x_{\text{Т}}$)

Ток однофазного металлического КЗ находится по выражению:

$$I_{КЗ}^{(1)} = \frac{1,05 \cdot U_{ф}}{\frac{z_{m}^{(1)}}{3} + z_{л} + z_{пк}}, \quad (26)$$

где $U_{ф}$ − фазное напряжение сети, В;

$Z_{Л} = Z_{пров} \cdot L$ −полное сопротивление линии, Ом/км;

$Z^{(l)}$ −полное сопротивление понижающего трансформатора токам однофазного КЗ с учетом токоограничивающего действия дуги, Ом/км;

$Z_{пк}$ – сопротивление переходных контактов, мОм» [20].

Значения $Z_{пк}$ приняты: для вводно-распределительных устройств – 0,015 мОм, для пунктов питания – 0,020 мОм, для групповых линий – 0,025 мОм, для светильников – 0,030 мОм.

Учитывая данные, получаем $\frac{z_{m}^{(1)}}{3}$ = 0,014 мОм.

Рассчитаем ток однофазного металлического КЗ для питающего кабеля для группового кабеля от ЩНО до наиболее удаленного светильника.

В соответствии с ГОСТ 22483-2012 $R_{уд}$ для кабеля марки ВБбШв 5×10 составляет 1,83 Ом/км [3].

Длина кабеля до наиболее удаленного светильника составляет 0,286 км.

$$I_{КЗ}^{(1)} = \frac{1,05 \cdot 230}{0,014 + (0,286 \cdot 1,83) + 0,025} = 429,42 \text{ А}.$$

Результаты расчетов для остальных групп представлены в таблице 3.

Расчетная максимальная токовая нагрузка линии вычисляется по формуле:

$$I_{Р} = \frac{P_{Л}}{\sqrt{3} \cdot U_{Л} \cdot \cos\varphi}, \quad (27)$$

где $P_Л$ – активная мощность нагрузки, кВт;

$U_Л$ - линейное напряжение сети, кВ;

cosφ – коэффициент мощности.

Таблица 3 - Результаты расчетов для остальных групп

ЩНО							
Потребитель	Марка кабеля сечение	$L_{кл}$ до наиболее удаленного светильника	U, В	$R_{уд}$ Ом/км	Zт/3, мОм	Zпк, мОм	$I_{КЗ}^{(1)}$, А
Гр.1	ВБбШв 5×10	132	230,00	1,83	0,014	0,025	860,78
Гр.2	ВБбШв 5×10	286	230,00	1,83	0,014	0,025	429,42
Гр.3	ВБбШв 5×10	238	230,00	1,83	0,014	0,025	508,91

Рассчитаем максимальную токовую нагрузку групповых кабелей для проектируемого ЩНО:

$$I_P = \frac{0,64}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 1,02 \text{ А}.$$

Длительно допустимая токовая нагрузка и расчётная максимальная связаны соотношением:

$$I_{ДОП} \geq I_Г \cdot 1,25 \qquad (28)$$

где 1,25 - коэффициент пускового тока.

Расчет потери напряжения в кабеле для выбора его сечения производится по следующей формуле:

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l_{кл} \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi)}{n \cdot U_{ном}} \cdot 100\%, \qquad (29)$$

где «$U_{ном}$ - номинальное напряжение в сети, В;

$I_р$ - расчетный ток линии, А;

$l_{кл}$ - длина рассматриваемого участка, м;

r_0, x_0, - удельное сопротивление кабеля (активное и индуктивное), Ом/м;

cosφ - коэффициент мощности нагрузки» [20];

n - количество параллельно проложенных проводников;

$\Delta U\%$ - падение напряжения на рассматриваемом участке, %.

Потери напряжения для самой удаленной точки:

$$\Delta U\% = \frac{1,73 \cdot 1,54 \cdot 286 \cdot (1,84 \cdot 0,95 + 0,073 \cdot 0,0817)}{1 \cdot 230} \cdot 10^{-6} = 0,14\%.$$

Потери напряжения на участках от ЩНО до наиболее удаленных электропотребителей комплекса наружного освещения составляют менее 5%, и находятся в пределах допустимого значения согласно ГОСТ 32144-2013.

Выводы по разделу.

Сети наружного освещения запитаны от ЩНО здания.

Защита группового кабеля от ЩНО до наиболее удаленного электроприемника (светильника) обеспечивается выключателем автоматическим ВА47-29 в зависимости от времятоковой характеристики, для предохранителя ВА47-29, при уровне однофазного тока КЗ – 429,42 А время перегорания плавкой вставки составляет величину менее <0,4 с, что удовлетворяет требованиям п.1.7.79 ПУЭ.

Значение длительно допустимого тока для кабеля ВБбШв 5×10мм², проложенного до проектируемого ЩНО составляет 73А, что с запасом превышает расчетное значение.

Заключение

Цель бакалаврской работы заключалась в разработке проекта по электроснабжению детского образовательного учреждения с учетом требований к надежности электроснабжения электроприемников, безопасности и экономичности всей системы электроснабжения в целом.

ГРЩ здания ДОУ подключается по двум взаиморезервирующим кабельным линия 0,4 кВ к новой комплектной двухтрансформаторной подстанции. Прокладка кабельных линий выполняется в двух отдельных траншеях. ГРЩ комплектуется из вводно распределительных панелей типа ЩО-70 производства ОАО «Электромонтаж-55».

Для электроприемников I категории электроснабжения электроснабжение предусматривается от отдельной панели с АВР, с подключением двух вводных секций ГРЩ (до автоматов защиты).

Расчетная электрическая мощность составляет 349,96 кВт из них 33,34 кВт электроприемники I категории надежности.

Расчетная мощность электроприемников противопожарной защиты 78,25 кВт.

«К электроприемникам систем противопожарной защиты относятся: система пожарной сигнализации и оповещения о пожаре, противодымная вентиляция, задвижка на обводной линии водомерного узла, пожарные насосы, аварийное освещение, лифт для МГН.

К электроприемникам I категории надежности электроснабжения относятся: электроприемники систем противопожарной защиты, ИТП, системы связи и автоматизации.

Электроприемники 2 категории запитываются с 1 и 2 секции шин ГРЩ с переключением вводов по схеме «крест»» [20].

Электроснабжение электроприемников систем противопожарной защиты электроснабжение предусматривается от панели противопожарных устройств ЩПС с АВР. В нормальном режиме электроприемники питаются с

распределительных шин от разных вводов, в послеаварийном режиме электроприемники получают питание с ввода, оставшегося под напряжением.

Компенсация реактивной мощности, обеспечивающая значение коэффициента реактивной мощности в точке присоединения не выше tgφ=0,35, предусмотрена с помощью автоматической конденсаторной установки компенсации реактивной мощности типа КРМ-0,4 20 кВар, устанавливаемой в электрощитовой.

Для предотвращения образования наледи на кровле здания и на козырьках над входами предусмотрена установка водосточных воронок с электроподогревом, управляемым электронным регулятором температуры РТ-200 «Теплоскат».

«Принцип работы регулятора состоит в следующем: при попадании температуры окружающего воздуха в рабочий диапазон снимается блокировка со всех цепей управления нагрузкой. При возникновении осадков, прибор включает обогрев кровли и лотков. По окончанию осадков, прибор отключает обогрев кровли. Водосточные лотки и трубы продолжают подогреваться до пропадания сигнала с датчика талой воды» [16].

Энергосберегающие мероприятия включают в себя выбор энергоэффективного электрооборудования, автоматическое управление элекроприемниками, применение светодиодах светильников и приближение распредустройств к центрам электрических нагрузок.

Система заземления здания принята TN-C-S.

«Главная заземляющая шина (ГЗШ) выполнена в ГРЩ, к которой подсоединяются PEN проводники питающих линий, металлоконструкции здания, металлические части централизованных систем вентиляции, металлические корпуса щитов, контура выравнивания потенциалов и заземляющий проводник, подсоединений к заземляющем устройству» [11].

В качестве молниеприемника используется сетка из круглой стали диаметром 8 мм с шагом ячейки не более 10 м.

В качестве заземлителя используется контур заземления. Контур

заземления выполнен из стальной оцинкованной полосы 40×5 расположенной по периметру здания на расстоянии 1 м от фундамента и на глубине 0,7 м от поверхности земли.

Распределительные и групповые сети внутри здания ДОУ выполняются кабелями ВВГнг(а)-LSLTx.

«Кабельные линии систем противопожарной защиты выполняются огнестойкими кабелями ВВГнг(А)-FRLSLTx, входящими в состав огнестойких кабельных линий (ОКЛ)» [6].

«Кабели были выбраны по длительно-допустимому току, проверены по потере напряжения и обеспечению автоматического отключения аварийного участка при возникновении однофазного короткого замыкания» [17].

Для защиты кабельных линий от перегрузки и КЗ в точках подключения устанавливаются автоматические выключатели, которые выбраны по току и по условиям короткого замыкания.

«На объекте предусматривается организация рабочего, аварийного, дежурного и наружного освещения. Для обеспечения нормируемых показателей освещения используется система общего освещения» [26].

Для внутреннего освещения предусмотрены светодиодные светильники производства ООО «АСЗТ».

Для эвакуационного освещения предусмотрены светильники с автономными источниками питания, рассчитанными на работу от встроенной аккумуляторной батареи в течении 1,5 часов.

«Осветительные приборы аварийного освещения предусматриваются постоянного действия, включенные одновременно с осветительными приборами. В связи с тем, что для рабочего и аварийного освещения используются светильники с однотипным корпусом, то светильники аварийного освещения маркируются пиктограммой с буквой «А» красного цвета» [12].

Уровни освещенности в помещениях были определены в соответствии с требованиями СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»

[26]. Для каждого из помещений дошкольного образовательного учреждения был произведен расчет необходимого количества светильников в программе светотехнических расчетов Dialux.

Сети наружного освещения запитаны от ЩНО здания.

Защита группового кабеля от ЩНО до наиболее удаленного электроприемника (светильника) обеспечивается выключателем автоматическим ВА47-29 в зависимости от времятоковой характеристики, для предохранителя ВА47-29, при уровне однофазного тока КЗ – 429,42 А время перегорания плавкой вставки составляет величину менее <0,4 с, что удовлетворяет требованиям п.1.7.79 ПУЭ.

Значение длительно допустимого тока для кабеля ВБбШв 5×10мм², проложенного до проектируемого ЩНО составляет 73А, что с запасом превышает расчетное значение.

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 16.07.2024).
3. ГОСТ 22483-2012 (IEC 60228:2004) Жилы токопроводящие для кабелей, проводов и шнуров [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200100953 (дата обращения 06.08.2024).
4. ГОСТ 27900-88 (МЭК 598-2-22). Светильники для аварийного освещения. Технические требования. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200013534 (дата обращения 12.05.2024).
5. 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 25.09.2024).
6. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200101754 (дата обращения 08.08.2024).
7. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200104301 (дата обращения 24.07.2024).
8. ГОСТ IEC 60598-2-22-2012. Светильники. Часть 2-22. Частные требования. Светильники для аварийного освещения. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200097788 (дата обращения 29.06.2024).

9. ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200136061 (дата обращения 12.05.2024).

10. 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 26.06.2024).

11. ГОСТ Р 50571.5.56-2013/МЭК 60364-5-56:2009 Электроустановки низковольтные. Часть 5-56. Выбор и монтаж электрооборудования. Системы обеспечения безопасности [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации 01.01.2015. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200105243 (дата обращения 08.07.2024).

12. 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 15.12.2023).

13. ГОСТ Р МЭК 598-2-9-98 Светильники. Часть 2. Частные требования. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200009085 (дата обращения 06.08.2024).

14. ГОСТ Р МЭК 60598-1-99 Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200009085 (дата обращения 23.07.2024).

15. ГОСТ Р МЭК 60598-2-22-99. Светильники. Часть 2-22. Частные требования. Светильники для аварийного освещения. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200026865 (дата обращения 21.08.2024).

16. 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: 08.09.2024).

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

18. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: http://pue7.ru/pue7/sod.php (дата обращения 16.07.2024).

19. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: http://docs.cntd.ru/document/1200003090 (дата обращения 09.06.2024).

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

21. Синенко Л.С., Электроснабжение. Версия 1.0. [Электронный ресурс]: учеб. пособие к практ. занятиям. URL: https://docviewer.yandex.ru/view/122353214 (дата обращения 06.09.2024).

22. 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 21.09.2024).

23. СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200071145 (дата обращения 23.07.2024).

24. СП 6.13130.2021 Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200104301 (дата обращения 15.07.2024).

25. 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 12.08.2024).

26. 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 15.07.2024).

27. СП 59.13330.2020 Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения СНиП 35-01-2001 (с Изменениями N 1, 2) [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/573659328 (дата обращения 22.07.2024).

28. 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 16.07.2024).

29. 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 16.08.2024).