

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 детского сада на 330 мест в Калининском округе г. Тюмени

Обучающийся

А.А. Чернов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., О.В. Самолина

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

Тольятти 2024

Аннотация

В бакалаврской работе были рассмотрены вопросы электроснабжения детского сада. Определены основные источники электроснабжения, которыми являются две секции шин трансформаторной подстанции. В соответствии с категориями надёжности выбраны схемы электроснабжения отдельных групп потребителей.

Произведён расчёт ожидаемых электрических нагрузок, суммарная нагрузка по зданию составила 387 кВт.

Рассмотрены мероприятия по экономии электрической энергии.

Определены параметры системы защитного заземления и молниезащиты здания.

Выбраны типы кабелей для распределительных сетей и для сетей аварийного освещения. Произведены расчёты сечения выбранных кабелей и определены уставки защитных аппаратов.

Выполнены расчёты требуемого количества светильников для установки в каждом из помещений детского сада.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 51 страница текста и графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика внешних источников электроснабжения и обоснование принятой схемы электроснабжения	6
2 Определение расчетной нагрузки по зданию детского сада	8
3 Требования к качеству поставляемой электроэнергии и надежности электроснабжения	12
4 Заземление и молниезащита здания детского сада	19
5 Выбор проводников, защитных аппаратов и осветительной арматуры.....	23
6 Определение параметров системы внутреннего освещения детского сада.	35
Заключение	45
Список используемой литературы и источников	48

Введение

Здание, запланированное к постройке, представляет собой детское дошкольное образовательное учреждение на 330 человек (от 2 до 7 лет). «В соответствии с возрастом детей выделено 14 групп:

- 3 ясельные группы (от 2 до 3 лет) по 22 ребенка;
- 3 группы младшего возраста (от 3 до 4 лет) по 24 ребенка;
- 3 группы среднего возраста (от 4 до 5 лет) по 24 ребенка;
- 3 группы старшего возраста (от 5 до 6 лет) по 24 ребенка;
- 2 группы подготовительные (от 6 до 7 лет) по 24 ребенка.

Состав детской образовательной организации (ДОО):

- групповые ячейки - 1-3 этажи;
- специализированные помещения для занятий с детьми (музыкальный зал, физкультурный зал, изостудия, кабинет логопеда) - 2-3 этажи;
- пищеблок - 1 этаж;
- медицинский блок - 1 этаж;
- постирочная - 1 этаж;
- административные и служебно-бытовые помещения - 1-3 этажи.

Групповые ячейки - это изолированные помещения, принадлежащие каждой детской группе. В составе групповой ячейки: раздевальная, групповая (игровая), спальня, туалетная, буфетная.

В детском саду предусмотрено два зала: один для физкультурных занятий, другой для музыкальных занятий. Занятия и мероприятия в залах организуют не более чем для двух полных групп детей.

Для эстетического воспитания детей предусмотрен кабинет ИЗО и кабинет индивидуальных занятий. Для специализированных занятий с детьми запроектирован кабинет логопеда с подсобным помещением.

Пищеблок работает на сырье. В состав пищеблока входят: мясорыбный цех, цех первичной обработки овощей и овощной, холодный и горячий цеха,

моечная кухонной посуды, раздаточная, помещения для приема и хранения продуктов, служебно-бытовые помещения персонала» [23].

Тепловая обработка продуктов осуществляется на высокопроизводительном тепловом оборудовании: две электроплиты, пароконвектоматы, жарочный шкаф, котел. Все тепловое оборудование работает на электрическом обогреве. Для уменьшения вредного воздействия тепловыделений и паров воды на персонал, над тепловым технологическим оборудованием установлены вентиляционные вытяжные зонты, оборудованные встроенными жироуловителями.

Во всех медицинских кабинетах установлены установки для обеззараживания воздуха «Дезар».

Для стирки белья установлены две автоматизированные стиральные машины с окончательным отжимом, загрузочной массой 10 кг и 20 кг. Сушка производится в сушильной машине конденсационного типа, загрузочной массой 18 кг. Для глажки белья предусмотрен гладильный каток и гладильный стол.

В составе административных и служебных помещений предусмотрены рабочие кабинеты: заведующего, бухгалтерии, методиста, завхоза, кастаньянши и комната охраны.

Помещение охраны разделено на две зоны: рабочую зону и зону отдыха и приема пищи, в которой установлены электрочайник и холодильник.

Во всех санузлах установлены электросушилки для рук.

Целью бакалаврской работы является проектирование системы электроснабжения детского сада с учетом требований к надежности электроснабжения отдельных групп электроприемников.

1 Характеристика внешних источников электроснабжения и обоснование принятой схемы электроснабжения

Основным источником электроснабжения для проектируемого здания является существующая ТП №1548 – 10/0,4кВ.

Сетевой компанией будет выполнено проектирование и строительство взаиморезервируемых кабельных линий КЛ-0,4 кВ от ТП-110/0,4 кВ до вводно-распределительного устройства ВРУ-0,4 детского сада.

Наружные сети электроснабжения проектируемого детского сада в данной работе не рассматриваются.

В работе предусмотрены внутривозрастные сети наружного электроосвещения. Так как проектируемый детский сад находится в жилом благоустроенном районе, то выполнять наружное освещение вневозрастных пешеходных зон и проездов нет необходимости, так как существующее наружное освещение предусматривает необходимый уровень освещенности. Основные улицы в жилой застройке - блк, второстепенные(переулки) - 4 лк.

По степени обеспечения надежности электроснабжения объект относится ко II-категории. «Электроприборы и оборудование лифтов, аварийного (эвакуационного) освещения, система вентиляционных установок подпора и дымоудаления воздуха, приборы пожарной сигнализации запитываются по I категории от панели противопожарных устройств (ППУ), установленной в помещении электрощитовой здания. Для повышения надежности работы электрооборудования панель противопожарных устройств совмещена с устройством автоматического включения резерва(АВР) в одном шкафу» [19]. Панель ППУ должна иметь боковые стенки для противопожарной защиты, установленной в них аппаратуры. Фасадная часть панели ППУ должна иметь отличительную окраску (красную).

В помещении электрощитовой на 1 этаже здания устанавливается вводно-распределительное устройство (ВРУ) типа ВРУ21Л с переключением вводов в автоматическом режиме с помощью АВР.

На каждом вводе предусмотрена установка приборов учета электроэнергии, с возможностью выхода в сеть АСКУЭ.

Схема электроснабжения построена исходя из требований, предъявляемых к электробезопасности и надежности электроснабжения электроприемников проектируемого детского сада, и противопожарной безопасности.

Принятая схема электроснабжения обеспечивает I категорию надежности электроснабжения оборудования здания электроэнергией в рабочем и аварийном режимах работы.

Для обеспечения бесперебойного электроснабжения электроприемников первой категории надежности в работе предусмотрена установка панели ППУ с АВР на два взаиморезервируемых ввода, подключенных с вводов ВРУ до вводных разъединителей для осуществления питания ППУ при потере питания во время пожара. Подключение щита ППУ необходимо выполнить в соответствии с пунктом 560.10 ГОСТ Р 50571.5.56-2013 [10].

К первой категории надежности электроснабжения относятся электроприемники системы подпора воздуха, системы дымоудаления, огнезадерживающие клапаны, приборы пожарной сигнализации, аварийное оповещение и пожарный лифт.

Выводы по разделу.

Основным источником электроснабжения для проектируемого здания является существующая ТП 10/0,4кВ от которой до ВРУ прокладываются взаиморезервируемые кабельные линии.

По степени обеспечения надежности электроснабжения объект относится ко II-категории. Электроприборы и оборудование лифтов, аварийного (эвакуационного) освещения, система вентиляционных установок подпора и дымоудаления воздуха, приборы пожарной сигнализации запитываются по I категории от панели противопожарных устройств в которой предусматривается АВР. ВРУ выбрано типа ВРУ21Л.

2 Определение расчетной нагрузки по зданию детского сада

Основными электроприемниками проектируемого здания являются:

- электроосвещение;
- оборудование технологическое;
- электрооборудование столовой, кухни, гладильной;
- лифт;
- обогреваемые кровельные воронки;
- сантехническое оборудование, оборудование, теплового пункта;
- общеобменная вентиляция;
- противодымная вентиляция;
- панель противопожарных устройств ППУ;
- приборы пожарной и охранной сигнализации.

Расчет электрических нагрузок выполнен по удельным показателям и расчетным коэффициентам, приведенным в СП 256.1325800.2016 [26].

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [26]:

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

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» [26].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{p.o}$, следует определять по формуле» [26]:

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

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

$P_{p.p}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [26].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, следует определять по формуле» [26]:

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

где « K_c - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [26].

«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» [26]:

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

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» [26].

Результаты определения расчетных нагрузок заносим в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты определения расчетных нагрузок

Наименование потребителя	Установленная мощность, кВт	Kс	cosφ	tgφ	Составляющие расчетной мощности			Годовое число часов испол. мощности	Годовой расход электроэнергии	
					P, кВт	Q, квар	S, кВА		Активная, тыс. кВт·ч	Реактивная, тыс. кВАр·ч
Проектируемые нагрузки от ТП на стороне 0,4 кВ										
Электроосвещение	58	0,8	0,96	0,2	46,4	11,6	48	2300	106	26,6
Технологическое оборудование	176	0,6	0,96	0,2	105,6	35,2	116,4	2300	242	80
Оборудование столовой	174	0,6	0,98	0,2	104,4	34,8	109,7	2300	240	80
Вентиляция	18	0,8	0,8	0,35	14,4	6,3	15,7	2300	33,1	14,5
Лифт	12	0,8	0,8	0,35	10,0	4,2	10,8	2300	23	9,6
ИТП	17,4	0,85	0,8	0,35	15	6,09	16,2	2300	34,5	1,4
Оборудование прачечной	45	0,55	0,98	0,2	25	9	26,5	2300	57,5	20,7
Оборудование систем связи	12,7	0,7	0,98	0,2	8,9	2,54	9,25	2300	20,5	5,8
Аварийное освещение	14	1	0,96	0,29	14	4	14,5	2300	-	-
Приборы ППС	42,0	1	0,8	0,48	42	20,16	45,6	2300	-	-
ИТОГО Ввод1+ Ввод 2	511,8	-	0,9	0,3	386,9	110,2	402,4	2300	761,0	253,0
Итого Кнесовп=0,9	-	-	0,98	0,3	352	-	-	-	806,1	-
Проектируемые нагрузки наружного освещения от ТП										
Наружное электроосвещение	1,74	1,0	0,92	0,2	1,74	0,58	1,8	2300	3,9	0,8

Выводы по разделу.

Расчет электрических нагрузок, выбор пусковой аппаратуры, выбор сечений питающих линий выполнен по максимальному режиму работы.

Все электрооборудование (электродвигатели, пускозащитные аппараты и аппараты управления) выбрано с учетом среды, в которой оно эксплуатируется.

Расчетная электрическая нагрузка на шинах трансформаторной подстанции в целом по двум вводам составила 386,9 кВт, 110,2 квар и 402,4 кВА для активной, реактивной и полной нагрузок соответственно.

При этом нагрузка наружного освещения составила 1,74 кВт.

Планируемый годовой расход электрической энергии составил 761 кВт·ч.

3 Требования к качеству поставляемой электроэнергии и надежности электроснабжения

В нормальном режиме электроснабжение ВРУ здания осуществляется по двум кабельным линиям с разных секций РУ-0,4кВ.

В послеаварийном режиме электроснабжение ВРУ в автоматическом режиме переводится на один, оставшийся в работе ввод.

Для обеспечения бесперебойного электроснабжения электроприемников первой категории надежности проектом предусмотрена установка самостоятельного шкафа ППУ с устройством АВР на вводе подключенного в вводы каждого ВРУ до вводных разъединителей для осуществления питания ППУ при потере питания во время пожара.

Оборудование пожарной сигнализации (ПС) имеет свой резервный источник питания.

В качестве силовых распределительных щитов в работе приняты щитки с автоматическими выключателями типа ВА и дифференциальными выключателями марки АВДТ-32 отечественного производства в навесном исполнении, устанавливаемые на стенах.

«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» [13]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (5)$$

– «по номинальному току» [13]

$$I_{np} \geq I_{pa};, \quad (6)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [13]:

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

где « $I_{КЗ}^{(3)}$ – периодическая составляющая трехфазного тока КЗ» [13].

«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» [13]:

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

где « I_y – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$ – пусковой ток двигателя;

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

k_n - принимается равным 1,1 - 1,5» [13].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [13]:

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

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

t_{ni} – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [13].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [13]

$$t_{cp} > t_{дон}, \quad (10)$$

где « t_{cp} – время срабатывания расцепителя;

$t_{дон}$ – допустимое время отключения в соответствие с ПУЭ» [13].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [13]:

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

$$I_2 \leq 1,45 I_{дон}, \quad (12)$$

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

$I_{нр}$ – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$ – допустимый ток кабеля;

I_2 – ток, обеспечивающий надежное срабатывания устройств защиты» [13].

«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» [13].

Технологическое оборудование объекта запитывается от щитков ЩР1.1, ЩР1.2, ЩР2.1, ЩР2.2, ЩР3.1, ЩР3.2, ЩГЦ1, ЩГЦ2, ЩСГ, ЩРВП, ЩВ-01, ЩВ-02, ЩПКЛ.

Сети наружного освещения 0,4 кВ запитаны от проектируемого шкафа управления наружным освещением ШНО выполняются кабельной линией марки АВБШв-0,66. сечением $5 \times 4 \text{ мм}^2$. На рисунке 1 представлена структура кабеля АВБШв-0,66.



Рисунок 1 - Структура кабеля АВБШв-0,66

Кабельные линии до опор наружного освещения прокладываются в траншее. На глубине 0,7 метра от планировочных отметок земли, согласно плана благоустройства и сетей смежников. В местах пересечения трассы КЛ-0,4 кВ с автодорогами, трубопроводами, кабелями связи и другими коммуникациями проектируемые кабели 0,4 кВ прокладываются в ПНД90. Электропроводка распределительной сети внутри опор выполняется кабелем с медными жилами марки ВВГнг $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$.

Для подогрева кровельных воронок прокладывается саморегулируемый кабель, который укладывается под фланец и крепится к корпусу воронки. Обогреваемые воронки имеют малую мощность электропотребления до 30 Вт и подключаются к обычной сети 220 В [18].

Во всех электрощитах, находящихся внутри помещений устанавливаются установки порошкового пожаротушения.

Электроприемники подключаемые шлейфом выполняются согласно пункта 9.3 СП256.1325800 и ГОСТ 21.613-2014 [2].

Коэффициент мощности равен 0,98, тангенс фи равен 0,35 - компенсация реактивной мощности ввиду малой величины не эффективна и в данной работе не предусмотрена.

Для внедрения автоматизированной системы контроля и учета за потреблением электроэнергии (АСКУЭ) в работе предусмотрено применение счетчиков для учета электроэнергии с возможностью выхода в сеть АСКУЭ, которые установлены на вводах ВРУ. В работе применен электронный счетчик Меркурий 231 ART-03. Внешний вид электронного счетчика Меркурий 231 ART-03 представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 - Внешний вид электронного счетчика Меркурий 231 ART-0

Управление светильниками осуществляется от индивидуальных выключателей, устанавливаемых у входа в помещение на высоте 1,8 м. Выключатели для помещений с неблагоприятными условиями среды

вынесены в смежные помещения с лучшими условиями среды.

Освещение лестничных клеток, входов организовано от сумеречного реле и от фотореле. «Согласно требованиям СП7.13130.2013 в работе предусмотрено управление системой противодымной защиты в автоматическом (автоматической пожарной сигнализации) и с ППКПУ «Рубеж-2ОП», установленного на посту пожарной охраны) режимах» [22].

«Для управления клапанами дымоудаления используются модули «МДУ-1 прот. R3», обеспечивающие открытие клапанов в автоматическом режиме, от сигнала ППКПУ. При возникновении пожара и срабатывании системы автоматической пожарной сигнализации, ППКПУ выдает сигнал на запуск модуля управления клапаном дымоудаления «МДУ-1 прот. R3», который путем коммутации цепи напряжения на электропривод, переводит заслонку клапана, расположенного в зоне возгорания, в защитное положение» [21].

Внутреннее пожаротушение детского сада предусмотрено от пожарных кранов.

Управление наружным освещением территории предусмотрено ручное - от выключателя, установленного в тамбуре при входе и автоматическое - от фотодатчика.

«Для энергосбережения в системах силового электрооборудования здания применена проводниковая продукция расчетных сечений, имеющая минимальные потери мощности на разогрев проводника.

В распределительных шкафах применены защитные автоматические выключатели, имеющие минимальные переходные сопротивления на контактах, исключающих потери мощности при работе силовой сети в номинальном режиме, а в режиме защиты, имеющие высокие скоростные характеристики на отключение сети в случае срабатывания защиты по сверхтоку (режим «КЗ») или в случае нарушения изолирующих свойств проводников (режим «Утечка»)» [27].

Для экономии электроэнергии предусматривается установка

экономичных люминесцентных и светодиодных светильников для освещения помещений.

Схема управления освещением лестничных клеток и входов принята с использованием фото- и акустических датчиков, что способствует минимизации стоимости энергозатрат на освещение.

Напряжение низковольтных сетей принято 380/220В. Отклонение напряжения в сети не выше 10% по ГОСТ 32144-2013 [7].

Выводы по разделу.

Коэффициент мощности равен 0,98, тангенс ϕ равен 0,35 - компенсация реактивной мощности ввиду малой величины не эффективна и в данной работе не предусмотрена.

Сети наружного освещения 0,4 кВ запитаны от проектируемого шкафа управления наружным освещением ШНО выполняются кабельной линией марки АВБШв-0,66. сечением $5 \times 4 \text{ мм}^2$. Кабельные линии до опор наружного освещения прокладываются в траншее.

Определен ряд мероприятий по экономии электрической энергии к которым относятся обоснованный выбор сечений проводников, позволяющий минимизировать потери электрической энергии и применение для освещения люминесцентных и светодиодных светильников.

4 Заземление и молниезащита здания детского сада

Заземление выполняется в соответствии со СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства» и ПУЭ, издание 7 [25], [14].

Для внутренних сетей в работе принята система заземления типа TN-C-S, где функции нулевого рабочего (N) и нулевого защитного (PE) проводников разделены от ВРУ (ГОСТ Р 50571.5.54-2013) до конечных потребителей объекта [9]. Система токоведущих проводников распределительных и групповых сетей – трехфазная пятипроводная, однофазная - трехпроводная. «Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током предусматривается заземление и зануление всех металлических частей электроустановок, нормально не находящихся под напряжением» [12]. В качестве заземляющего устройства в первую очередь используются естественные заземлители (металлические трубы канализации, металлические конструкции и арматура ж/б конструкции здания, имеющие соединения с землей), а также искусственные заземлители, выполненные из полосовой стали, проложенные в электрощитовой, в помещении теплового пункта, в помещении насосной, в помещении телекоммуникационной, в помещениях венткамер, в помещениях стиральной, гладильной и горячего цеха. Металлоконструкции щитов ВРУ, оборудование теплового пункта, телекоммуникационной, насосной, стиральной, гладильной и горячего цеха, в двух местах присоединены к рабочему контуру заземления, которые соединены с наружным заземляющим устройством полосовой сталью 4×25мм.

На вводе питающих кабелей в здание к ВРУ предусматривается установка наружного контура повторного заземления нулевого провода. В качестве заземлителей используются электроды, выполненные вертикальными электродами горячего оцинкования из стального уголка 50×50×5мм, длиной 3м, соединенные между собой полосовой сталью 4×50мм горячего оцинкования.

«Сопротивление одного вертикального электрода из угловой стали» [9]:

$$R_{\text{го}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.в}}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t' + l}{4t' - l} \right), \quad (13)$$

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» [9];

«Находим глубину заложения верха заземлителя» [9]:

$$t' = t_0 + \frac{1}{2}l, \quad (14)$$

где « t_0 – глубина заложения вершины вертикального заземлителя» [9].

«Сопротивление вертикальных электродов при коэффициенте использования нормативном коэффициенте использования» [9]:

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{го}}}{\eta_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}}}, \quad (15)$$

где « $\eta_{\text{в}}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [9].

«Сопротивление горизонтального электрода из оцинкованной полосы для 2-ой климатической зоны» [9]:

$$R_{\text{г}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.г}}}{l_{\text{г}}} \cdot \lg \frac{2l_{\text{г}}^2}{b \cdot t_0}, \quad (16)$$

где « $l_{\text{г}}$ – длина горизонтального заземлителя;

b – ширина полосы горизонтального заземлителя;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя» [9].

«Расчетное результирующее сопротивление R_u заземляющего устройства» [9]:

$$R_u = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z + R_g}, \quad (17)$$

Все металлические соединения должны создавать непрерывную электрическую связь.

Во всех щитках и ВРУ установлены дополнительные клеммы на каждую отходящую группу для подсоединения защитного проводника РЕ. Для защиты от поражения электрическим током в случае нарушения изоляции все металлические части оборудования, нормально не находящиеся под напряжением, заземляются путем присоединения их к нулевым защитным проводникам РЕ питающего кабеля и рабочими контурами заземления, предусмотренными в данной работе.

В здании выполнена система уравнивания потенциалов. Главная заземляющая шина (ГЗШ) в электрощитовой.

В работе предусмотрена дополнительная система уравнивания потенциалов согласно п.7.1.88 ПУЭ, которая предусматривает присоединение металлических корпусов металлических поддонов, труб канализации, отопления к нулевому защитному проводнику системы уравнивания потенциалов здания. Данное соединение выполнено кабелем ВВГнг-1×6 от проводника РЕ распределительных щитков до коробки ШДУП. В данной коробке установлены клеммные изолирующие зажимы. Присоединение к трубам проводников выполнено при помощи хомутов.

«Для надежной и безопасной эксплуатации электрических сетей, согласно ГОСТ Р 50462-2009 принимается цветовая идентификация жил проводников» [8].

Согласно СО 153-34.21.122 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» нежилое здание по

молниезащите относится к обычным объектам, с III уровнем надежности защиты от прямых ударов молнии [20].

В качестве молниеприемника принята молниеприемная сетка, выполненная из круглой стали диаметром 8 мм с шагом ячейки 10м. В местах пересечения элементы молниеприемной сетки соединяются между собой при помощи сварки или плоских инвентарных болтовых зажимов. Металлические ограждения кровли, воздухопроводы, стойки антенн, водосточный желоб присоединить к молниеприемной сетке.

Токоотводами служат спуски, выполненные из круглой оцинкованной стали диаметром 8 мм и присоединенные к наружному контуру заземления. Принятый шаг выполнения токоотводов. не более 20 метров по периметру здания.

«Защита от заноса высокого потенциала по внешним наземным (подземным) коммуникациям и защиты от прямых ударов молнии выполняется путем их присоединения на вводе в здание к заземляющему устройству» [15]. Соединения контура и опусков выполняются сваркой.

Выводы по разделу.

Для внутренних сетей в работе принята система заземления типа TN-C-S, где функции нулевого рабочего (N) и нулевого защитного (PE) проводников разделены от ВРУ до конечных потребителей объекта.

На вводе питающих кабелей в здание к ВРУ предусматривается установка наружного контура повторного заземления. В качестве заземлителей выбраны электроды, выполненные вертикальными электродами горячего оцинкования из стального уголка 50×50×5мм, длиной 3м, соединенные между собой полосовой сталью 4×50мм горячего оцинкования.

В качестве молниеприемника принята молниеприемная сетка, выполненная из круглой стали диаметром 8 мм с шагом ячейки 10м. Токоотводами служат спуски, выполненные из круглой оцинкованной стали диаметром 8 мм и присоединенные к наружному контуру заземления.

5 Выбор проводников, защитных аппаратов и осветительной арматуры

Тип осветительной арматуры, аппараты управления и электрические проводки соответствуют средам, в которых они эксплуатируются.

Тип светильников выбран в зависимости от назначения помещений, среды, класса пожароопасных зон и по архитектурным требованиям.

В помещениях техподполья проектируемого детского сада применены светильники потолочные с лампами накаливания НПП1301-100 со степенью защиты IP54. В помещениях уборочного инвентаря и душевых применены светильники НПП03-100 IP65. В помещениях раздевалок, групповых, спальнях применены светильники с люминесцентными лампами ЛПО04 4×14 031 PRS со степенью защиты IP20. В помещениях буфетных, комнате завхоза, частично в коридорах, приемной медика и в кабинете рисования применены светильники с люминесцентными лампами ЛВО04-4×14-031 PRS IP20. В помещениях электрощитовой, столярной мастерской, гладильной, стиральной, кладовой чистого белья, гардероба персонала, цеха обработки овощей, цех мясорыбный, холодный цех, горячий цех, моечной кухонной посуды, помещения раздаточной и приема пищи применены светильники пыле-влагозащищенные с люминесцентными лампами марки ЛСП44-2×36-011 со степенью защиты IP65. В помещениях санузла медблока и туалетных применены светильники с люминесцентными лампами OWP/R 414/595/ IP54. В помещениях медкабинета и процедурного кабинета применены светильники с люминесцентными лампами OWP/S 414/595/ IP54. В тамбурах применены светильники с лампами накаливания настенные марки НПП-03-60 IP54. На лестничных клетках применяются светильники с лампами накаливания со встроенным фотодатчиком марки НПП-03-60 IP54 и светильники с лампами накаливания со встроенным фотоакустическим датчиком марки НББ ЖКХ-04 IP54.

Для архитектурного освещения фасадов здания предусмотрена

светодиодная лента мощностью 4,8 Вт/м с управлением из шкафа архитектурного освещения через фотодатчик.

В работе приняты кабели, не распространяющие горение, с низким дымо- и газовыделением, кабели, не распространяют горение при прокладке в пучках.

Токопроводящая жила – медная, ГОСТ 22483-2012. Изолированные жилы кабелей имеют отличительную расцветку [4].

Все однофазные групповые линии и имеют нулевой защитный проводник РЕ в соответствии с ПУЭ, СП 256.1325800.2016 [14], [26].

Для распределительных сетей внутри здания в работе предусмотрено использование кабелей с медными жилами марки ВВГнг(А)-LSLTx-0,66.

Сети аварийного освещения и электроприемников, которые сохраняют свою работоспособность в условиях пожара, осуществляется кабелем марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.

«Сечение кабелей выбрано по длительно-допустимой токовой нагрузке, проверены на потерю напряжения и по току однофазного короткого замыкания на срабатывание аппаратов защиты» [1].

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [13]:

$$I_{\text{дд}} = I_{\text{ном.дд}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (18)$$

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» [13].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле» [13]:

$$U = \frac{I_{расч} \cdot L \cdot R_{уд}}{S}, \quad (19)$$

где « $I_{расч}$ - расчетный ток, А;

L - длина линии, м;

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

S - сечение провода, мм» [13].

Питающие линии по техподполью прокладываются в трубах ПВХ на кабельных конструкциях с креплением к потолку. Вертикальные стояки до щитов выполняются по лестничным лоткам.

Питающие кабельные линии по этажам выполняются в гофрированных трубах из ПВХ пластиката, не распространяющие горение.

«Распределительные сети выполняются в гофрированных трубах из ПВХ пластиката, не распространяющие горение скрыто под штукатуркой, в пустотах плит перекрытий, за подвесным потолком и в штрабах стен. Групповые линии освещения выполнены отдельно от групповых линий розеточной сети» [3].

Проводка в технических помещениях выполнена открыто на скобах по стенам, потолку и кабельным конструкциям.

«Отверстия в местах пересечения стен, перегородок, перекрытий и ограждающих конструкций электрическими кабелями заделываются строительным раствором или другими негорючими материалами, обеспечивающими требуемый предел огнестойкости дымогазонепроницаемости» [6].

Результаты расчета групповых кабельных линий сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты расчета групповых кабельных линий

Маркировка линии	Трасса		cosφ	Pрасч., кВт	Iрасч., А	Длина кабеля, км	Момент, кВт·км	Марка, сечение кабеля и способ прокладки	Длительный ток на кабель с учетом коэфф.	Потеря напряжения на участке, %	Защита на источнике, А Ис.з.	Марка трубы, длина трубы, м
	Начало	Окончание										
мЩО-1	ВРУ, 1 секц, фид. М1	1 этаж. Щит ЩО-1. Ввод	0,95	3,2	5,1	0,010	0,029	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	49	0,1	32	-
мЩР1.1	ВРУ, 1 секц, фид. М2	1 этаж. Щит ЩР-1.1. Ввод	0,9	22,7	38,5	0,035	0,794	ВВГнг(А)-LSLTx (5×16)	75	1,05	63	ПВХ50-35м
мЩО-1.2	ВРУ, 1 секц, фид. М3	1 этаж. Щит ЩО-1.2. Ввод	0,95	4,64	7,4	0,055	0,229	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	49	0,9	32	-
мЩГЦ-1	ВРУ, 1 секц. фид. М4	1 этаж. Щит ЩГЦ1. Ввод	0,98	63,0	99,0	0,040	6,0	ВВГнг(А)-LSLTx (5×70)	180	1,2	160	ПВХ63-40м
мЩГЦ-2	ВРУ, 1 секц, фид. М5	1 этаж. Щит ЩГЦ2. Ввод	0,98	63,0	99,0	0,040	0,063	ВВГнг(А)-LSLTx (5×70)	180	1,3	160	ПВХ63-40м
мЩР2.1	ВРУ, 1 секц, фид. М6	2 этаж. Щит ЩР-2.1. Ввод	0,9	22,1	37,4	0,040	0,884	ВВГнг(А)-LSLTx (5×16)	75	1,14	63	ПВХ50-40м
мЩО-2.2	ВРУ, 1 секц. фид. М7	2 этаж. Щит ЩО-2.2. Ввод	0,95	4,8	7,8	0,060	0,259	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	49	1,0	32	-
мЩР3.1	ВРУ, 1 секц. фид. М8	3 этаж. Щит ЩР-3.1. Ввод	0,9	22,4	40	0,045	1,008	ВВГнг(А)-LSLTx (5×16)	75	1,31	63	ПВХ50-45м
мЩО-3.2	ВРУ, 1 секц. фид. М9	3 этаж. Щит ЩО-3.2. Ввод	0,95	4,9	7,8	0,065	0,286	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	49	1,1	32	-
нВр	ВРУ, 1 секц, фид. М10	Кровля. Водосточные воронки	0,95	0,15	0,24	0,100	0,015	ВВГнг(А)-LSLTx (5×2,5)	25	0,08	6,3	ПВХ20-100м

Продолжение таблицы 2

Маркировка линии	Трасса		cosφ	Расч., кВт	Расч., А	Длина кабеля, км	Момент, кВт·км	Марка, сечение кабеля и способ прокладки	Длительный ток на кабель с учетом коэфф.	Потеря напряжения на участке, %	Защита на источнике, А Ис.з.	Марка трубы, длина трубы, м
	Начало	Окончание										
мШУарх	ВРУ. 1 секц. фид. М11	Шкаф управления архитектурным освещением	0,95	0,7	1,1	0,020	0,014	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	49	0,1	32	-
мЩР1.2	ВРУ, 2 секц. фид. М12	1 этаж. Щит ЩР-1.2. Ввод	0,9	18,5	31,3	0,055	1,017	ВВГнг(А)-LSLTx (5×16)	75	1,44	63	ПВХ50-55м
мЩО-1.1	ВРУ, 2 секц. фид. М13	1 этаж. Щит ЩО-1.1. Ввод	0,95	7,8	12,5	0,035	0,255	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	49	0,87	32	-
мШУП1	ВРУ, 2 секц. фид. М14	1 этаж. Подъемник ШУП1	0,95	3,0	4,8	0,030	0,090	ВВГнг(А)-LSLTx (5×2,5)	25	0,49	16	ПВХ20-30м
мШУП2	ВРУ, 2 секц. фид. М15	1 этаж. Подъемник ШУП2	0,95	3,0	4,8	0,045	0,135	ВВГнг(А)-LSLTx (5×2,5)	25	0,74	16	ПВХ20-45м
мЩРВП	ВРУ, 2 секц. фид. М16	1 этаж. Щит ЩРВП. Ввод	0,95	9,1	15,42	0,045	0,41	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	42	0,57	50	ПВХ40-45м
мЩСГ	ВРУ, 2 секц. фиЗ. М17	1 этаж. Щит ЩСГ. Ввод	0,92	38,0	68,0	0,055	2,09	ВВГнг(А)-LSLTx (5×35)	120	0,8	100	ПВХ63-55м
мЩР2.2	ВРУ, 2 секц. фид. М18	2 этаж. Щит ЩР-2.2. Ввод	0,9	20	33,9	0,060	0,696	ВВГнг(А)-LSLTx (5×16)	75	1,59	63	ПВХ50-60м
мЩО-2.1	ВРУ, 2 секц. фид. М19	2 этаж. Щит ЩО-2.1. Ввод	0,95	7,0	11,2	0,040	0,28	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	49	0,9	32	-
мЩР3.2	ВРУ, 2 секц. фид. М20	3 этаж. Щит ЩР-3.2. Ввод	0,9	17,4	29,5	0,065	1,131	ВВГнг(А)-LSLTx (5×16)	75	1,72	63	ПВХ50-65м
мЩО-3.1	ВРУ, 2 секц. фид. М21	3 этаж. Щит ЩО-3.1. Ввод	0,95	8,3	13,3	0,045	0,351	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	49	1,2	32	-

Продолжение таблицы 2

Маркировка линии	Трасса		cosφ	Расч., кВт	Расч., А	Длина кабеля, км	Момент, кВт·км	Марка, сечение кабеля и способ прокладки	Длительный ток на кабель с учетом коэфф.	Потеря напряжения на участке, %	Защита на источнике, А Ис.з.	Марка трубы, длина трубы, м
	Начало	Окончание										
42-н1	ВРУ, 2 секц, фид. М23	1 этаж. Холодильное оборудование	0,8	1,5	10,5	0,035	0,05	ВВГнг(А)-LSLTx (3×2,5)	30	0,6	-	ПВХ20-35м
54-н2	ВРУ, 2 секц, фид. М24	1 этаж. Холодильное оборудование	0,8	2,0	14,0	0,040	0,08	ВВГнг(А)-LSLTx (3×2,5)	30	0,8	25	ПВХ20-40м
мЩв-1	ВРУ, 2 секц, фид. М25	1 этаж. Щит ЩВ-1. Ввод	0,65	6,0	12,0	0,010	0,06	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	42	0,15	25	ПВХ40-10м
мЩв-02	1 Этаж. Щит ЩВ-1	Техподполье. Щит ЩВ-02. Ввод	0,65	4,5	8,56	0,045	0,130	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	42	0,45	40	ПВХ40-45м
мЩв-01	ВРУ, 2 секц, фид. М26	Техподполье. Щит ЩВ-01. Ввод	0,65	2,0	4,7	0,045	0,130	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	42	0,45	40	ПВХ40-45м
мЩУТ П	ВРУ, 2 секц, фид. М27	Техподполье. Щит ЩУТП, ЩУТ. Ввод	0,7	13,5	4,7	0,045	0,130	ВВГнг(А)-LSLTx (5×6)	42	0,45	25	ПВХ40-45м
мППУ1	Въо31 ВРУ	Ввод 1 ППУ	0,8	42,0	80,0	0,006	0,252	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×16)	100	0,06	-	ПВХ63-5м
мППУ2	Въо32 ВРУ	Ввод 2 ППУ	0,8	42,0	80,0	0,006	0,252	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×16)	100	0,06	-	ПВХ63-5м

Продолжение таблицы 2

Маркировка линии	Трасса		cosφ	Pрасч., кВт	Iрасч., А	Длина кабеля, км	Момент, кВт·км	Марка, сечение кабеля и способ прокладки	Длительно допустимый ток на кабель с учетом коэфф.	Потеря напряжения на участке, %	Защита на источнике, А Ис.з.	Марка трубы, длина трубы, м
	Начало	Окончание										
мШР-СС	ППУ. фиЗ.1	1 этаж. Щит ШР-СС. Ввод	0,7	13,5	26,0	0,033	0,39	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×25)	95	0,2	80	ПВХ50-33м
мЩАО-1	ППУ. фиЗ. 2	1 этаж. Щит ЩАО-1. Ввод	0,95	0,54	0,9	0,010	0,005	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×6)	49	0,01	32	-
мЩАО-1.1	ППУ. фиЗ. 3	1 этаж. Щит ЩАО-1.1. Ввод	0,95	3,13	5,01	0,035	0,109	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×6)	49	0,37	32	-
мЩАО-1.2	ППУ. фиЗ. 4	1 этаж. Щит ЩАО-1.2. Ввод	0,95	2,96	4,74	0,055	0,143	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×6)	49	0,49	32	-
мЩАО-2.1	ППУ. фиЗ. 5	2 этаж. Щит ЩАО-2.1. Ввод	0,95	2,45	3,92	0,040	0,098	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×6)	49	0,33	32	-
мЩАО-2.2	ППУ, фид. 6	2 этаж. Щит ЩАО-2.2. Ввод	0,95	1,52	2,43	0,060	0,091	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×6)	49	0,31	32	-
мЩАО-3.1	ППУ, фид. 7	3 этаж. Щит ЩАО-3.1 Ввод	0,95	2,13	3,41	0,045	0,095	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×6)	49	0,33	32	

Продолжение таблицы 2

Маркировка линии	Трасса		cosφ	Pрасч., кВт	Iрасч., А	Длина кабеля, км	Момент, кВт·км	Марка, сечение кабеля и способ прокладки	Длительно допустимый ток на кабель с учетом коэфф.	Потеря напряжения на участке, %	Защита на источнике, А Ис.з.	Марка трубы, длина трубы, м
	Начало	Окончание										
мЩАО-3.2	ППУ, фид. 8	3 этаж. Щит ЩАО-3.2. Ввод	0,95	1,52	2,43	0,065	0,098	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×6)	49	0,34	32	
мШУЛ	ППУ, фид. 9	3 этаж. Шкаф лифта ШУЛ	0,65	10,0	23,4	0,045	0,450	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×6)	42	1,5	32	ПВХ40-45м
мШУПД1	ППУ, фид. 10	1 этаж. Шкаф автоматики ПД1	0,65	1,1	2,5	0,010	0,011	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×2,5:	25	0,18	16	ПВХ20-10м
мПД1	1 этаж. Шкаф автоматики ПД1	Кровля. Вентилятор ПД1	0,65	1,1	2,5	0,050	0,055	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×2,5)	25	0,88	-	ПВХ20-43м т.25-7м
нкЛПД1	1 этаж. Шкаф автоматики ПД1	Кровля. Клапан КЛПД1	0,65	0,069	0,16	0,065	0,004	ВВГнг(А)-FRLSLTx (3×1,5)	19	0,06	-	ПВХ20-58м т.25-7м
мШУПД2	ППУ, фид. 11	1 этаж. Шкаф автоматики ПД2	0,65	1,5	3,03	0,010	0,015	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×2,5)	25	0,09	16	ПВХ20-10м
мПД2	1 этаж. Шкаф автоматики ПД2	Кровля. Вентилятор ПД2	0,65	1,5	3,03	0,055	0,083	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×2,5)	25	0,48	-	ПВХ20-46м т.25-9м

Продолжение таблицы 2

Маркировка линии	Трасса		cosφ	Ррасч., кВт	Iрасч., А	Длина кабеля, км	Момент, кВт·км	Марка, сечение кабеля и способ прокладки	Длительный допустимый ток на кабель с учетом коэфф.	Потеря напряжения на участке, %	Защита на источнике, А Ис.з.	Марка трубы, длина трубы, м
	Начало	Окончание										
нКЛПД 2	1 этаж. Шкаф автоматики ПД2	Кровля. Клапан КЛПД2	0,65	0,069	0,16	0,065	0,004	ВВГнг(А)-FRLSLTx (3×1,5)	19	0,06	-	ПВХ20-56м т.25-9м
мШУП Д2.1	ППУ. фид. 12	1 этаж. Шкаф автоматики ПД2.1	0,65	4,605	7,5	0,010	0,025	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×4)	35	0,23	32	ПВХ32-10м
мПД2.1	1 этаж. Шкаф автоматики ПД2.1	Кровля. Вентилятор ПД2.1	0,65	0,105	0,25	0,060	0,006	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×1,5)	19	0,07	-	ПВХ20-60м
мЭК	1 этаж. Шкаф автоматики ПД2.1	Кровля. Электрокалорифер	1,0	4,5	7,0	0,060	0,270	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×4)	35	1,35	-	ПВХ32-60м
нКЛПД 2.1	1 этаж. Шкаф автоматики ПД2.1	Кровля. Клапан КЛПД2.1	0,65	0,069	0,16	0,065	0,004	ВВГнг(А)-FRLSLTx (3×1,5)	19	0,06	-	ПВХ20-65м
мШУП Д3	ППУ, фид. 13	1 этаж. Шкаф автоматики ПД3	0,65	3,0	7,0	0,010	0,045	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×4)	35	0,23	32	ПВХ32-10м
мПД3.1	1 этаж. Шкаф автоматики ПД3	Кровля. Вентилятор ПД3	0,65	3,0	7,0	0,065	0,143	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×4)	35	0,71	-	ПВХ32-58м т.25-7м

Продолжение таблицы 2

Маркировка линии	Трасса		cosφ	Pрасч., кВт	Iрасч., А	Длина кабеля, км	Момент, кВт·км	Марка, сечение кабеля и способ прокладки	Длительный ток на кабель с учетом коэфф.	Потеря напряжения на участке, %	Защита на источнике, А Ис.з.	Марка трубы, длина трубы, м
	Начало	Окончание										
нКЛПД3	1 этаж. Шкаф автоматики ПДЗ	Кровля. Клапан КДПДЗ	0,65	0,069	0,16	0,065	0,004	ВВГнг(А)-FRLSLTx (3×1,5)	19	0,06	-	ПВХ20-58м т25-1м
мШУВД1	ППУ, фид. 14	1 этаж. Шкаф автоматики ВД1	0,65	7,57	17,72	0,010	0,075	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×6)	42	0,25	40	ПВХ40-10м
мВД1	1 этаж. Шкаф автоматики ВД1	Кровля. Вентилятор ВД1	0,65	7,5	17,55	0,065	0,487	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×6)	42	1,62	-	ПВХ40-65м
нКЛВД1	1 этаж. Шкаф автоматики ВД1	Кровля. Клапан КЛВД1	0,65	0,069	0,16	0,065	0,004	ВВГнг(А)-FRLSLTx (3×1,5)	19	0,06	-	ПВХ20-65м
мЗд.1	ППУ, фид. 15	Техподполье задвижка ЗД-1		1,1	2,5	0,040	0,011	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×2,5)	25	0,18	25	ПВХ20-40м
мЗд.2	ППУ, фид. 16	Техподполье задвижка ЗД-2		И	2,5	0,030	0,011	ВВГнг(А)-FRLSLTx (5×2,5)	25	0,18	25	ПВХ20-30м
Домофон	ППУ, фид. 17	Домофон на входной калитке	0,8	0,5	2,3	0,166	0,083	АВБбШв-1-3×2,5	34	0,8	16	ПНД90-156м
42.4-н1	ВРУ, 2 секц. фид. М23.1	1 этаж. Холодильное оборудование	0,8	0,6	2,7	0,035	0,21	ВВГнг(А)-LSLTLx (3×2,5)	30	0,6	25	ПВХ20-35м

Для надежной и безопасной эксплуатации электрических сетей согласно ГОСТ Р50462-2009 в работе приняты провода с разноцветной изоляцией, легко распознаваемой по всей длине. Голубого цвета – для обозначения нулевого рабочего проводника; двухцветной комбинации зелено-желтого цвета - для обозначения защитного или нулевого защитного проводника; двухцветной комбинации зелено- желтого цвета по всей длине с голубыми метками на концах линии, которые наносятся при монтаже - для обозначения совмещенного нулевого рабочего и нулевого защитного проводника; черного, коричневого, красного, фиолетового, серого, розового, белого, оранжевого, бирюзового цвета - для обозначения фазного проводника.

Наружное электроосвещение проектируемого детского сада выполняется светодиодными светильниками типа ДКУ62-40-001 Champion 750. На рисунке 3 приведены габаритные размеры выбранных опор наружного освещения с установленными на них светильниками ДКУ62-40-001 Champion.

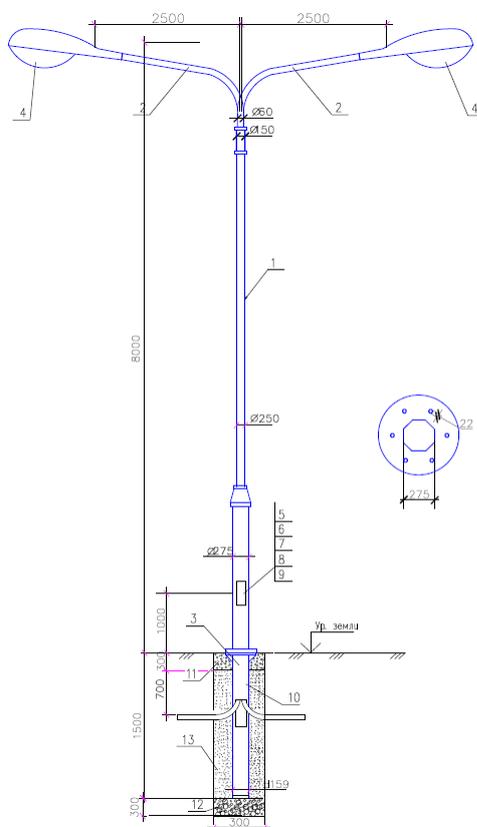


Рисунок 3 - Габаритные размеры выбранных опор наружного освещения с установленными на них светильниками ДКУ62-40-001 Champion

Кабельные сети наружного освещения выполняются кабелем марки АВБШв-0,66, прокладываемым в траншее на глубине -0,7 м от планировочной отметки земли. Электропроводка распределительной сети внутри опор выполняется кабелем марки ВВГнг-3×1,5 мм².

В местах пересечения с дорогой и подземными коммуникациями кабель наружного освещения защищается трубой ПНД90. Управление наружным освещением предусмотрено ручное и автоматическое с помощью программной системы Тэлур, установленной в шкафу ШНО. Освещение подъездных путей и парковочных мест не требуется, так как строительство детского сада происходит в жилом благоустроенном районе.

Выводы по разделу.

Во внутренних помещениях в соответствии с требованиями пункта 8.2.10 СП 252.1325800.2016 на проектирование зданий дошкольных образовательных учреждений выбраны светильники с люминесцентными лампами и лампами накаливания. Для архитектурного освещения фасадов здания предусмотрена светодиодная лента с управлением из шкафа архитектурного освещения через фотодатчик.

В работе приняты кабели, не распространяющие горение, с низким дымо- и газовыделением: для распределительных сетей внутри здания кабели с медными жилами марки ВВГнг(А)-LSLTx, для сетей аварийного освещения и электроприемников, которые сохраняют свою работоспособность в условиях пожара - кабели марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.

Сечение кабелей выбрано по длительно-допустимой токовой нагрузке, проверены на потерю напряжения и по току однофазного КЗ.

6 Определение параметров системы внутреннего освещения детского сада

В работе предусмотрено устройство следующих видов освещения:

- рабочее (общее);
- аварийное (эвакуационное и резервное);
- ремонтное.

В качестве групповых осветительных щитков проектом предусмотрена установка щитков с автоматическими выключателями типа ВА в навесном исполнении, (ЩО-1, ЩО-1.1, ЩО-1.2, ЩО-1.2, ЩО-1.2, ЩО-2.2,) ЩО-3.2, ЩО-2.1, ЩО-3.1 ЩО-1.2, ЩАО-1, ЩАО-1.1, ЩАО-1.2, ЩАО-2.1, ЩАО-2.2, ЩАО-3.1, ЩАО-3.2), установленных на стене коридора.

На рисунке 4 представлена электрическая схема щита мЩО-1.

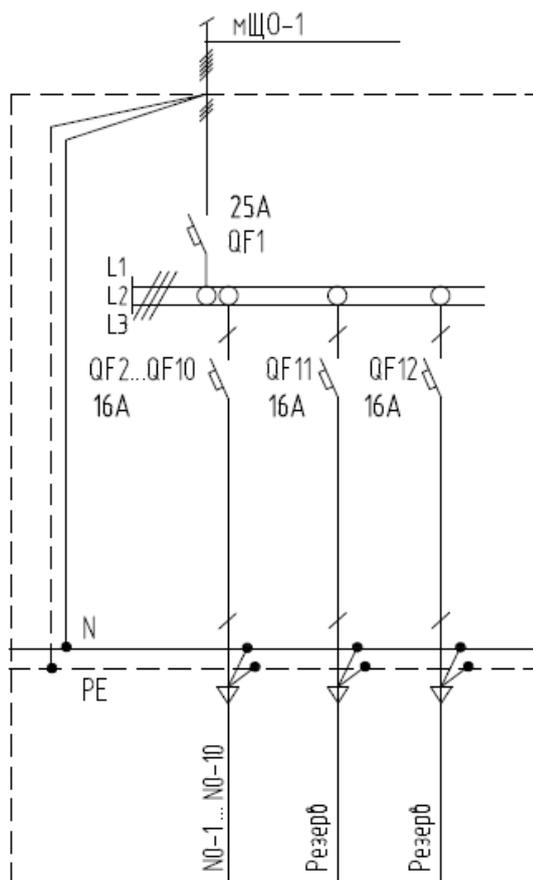


Рисунок 4 - Электрическая схема щита мЩО-1

В таблице 3 приведены расчетные данные групповых линий осветительной сети мЩО-1.

Таблица 3 - Расчетные данные групповых линий осветительной сети мЩО-1

Групповой щиток	Номер групповой линии	Кол-во светильников в линии	Установленная мощность, кВт	Макс. ток линии, А	Марка, сечение провода	Предельно допустимый ток провода, кабеля, А	Защит. автомат на ток, А
ЩО-1 P _y = 3,21 кВт P _p = 3,2 кВт I _p = 5,1 А cosφ = 0,95	N0-1	3	0,03	0,14	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N0-2	3	0,03	0,14	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N0-3	3	0,03	0,14	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N0-4	3	0,03	0,14	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N0-5	3	0,03	0,14	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N0-6	12	0,72	3,44	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N0-7	17	1,02	4,88	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N0-8	9	0,54	2,58	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N0-9	5	0,3	1,44	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N0-10	8	0,48	2,3	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3

На рисунке 5 представлена электрическая схема щита мЩО-1.1.

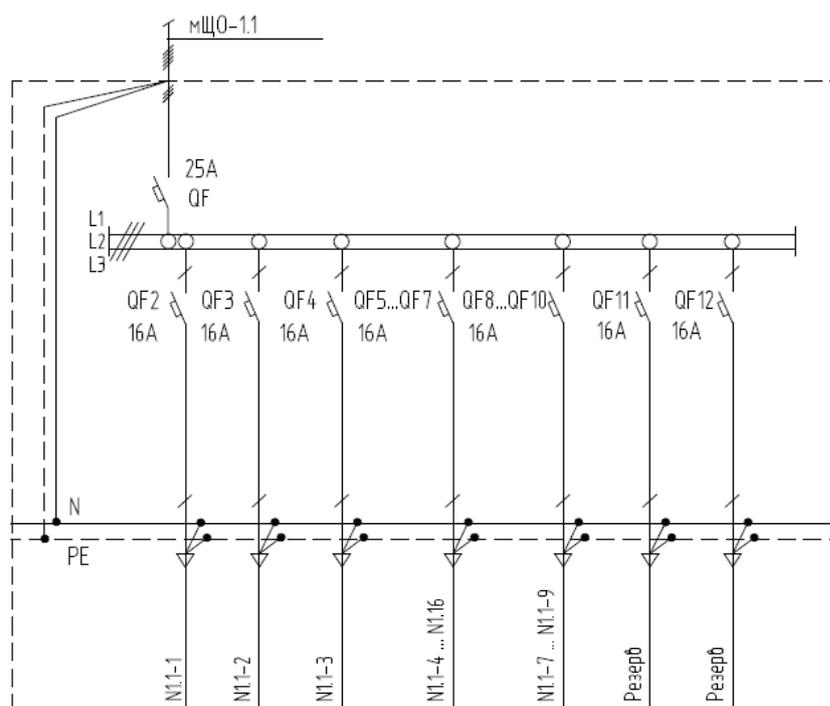


Рисунок 5 - Электрическая схема щита мЩО-1.1

В таблице 4 приведены расчетные данные групповых линий осветительной сети мЩО-1.1.

Таблица 4 - Расчетные данные групповых линий осветительной сети мЩО-1.1

Групповой щиток	Номер групповой линии	Кол-во светильников в линии	Установленная мощность, кВт	Макс. ток линии, А	Марка, сечение провода	Предельно допустимый ток провода, кабеля, А	Защит. автомат на ток, А
ЩО-1.1 $P_y = 8,16$ кВт $P_p = 7,8$ кВт $I_p = 12,5$ А $\cos\varphi = 0,95$	N1.1-1	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N1.1-2	15	1,2	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N1.1-3	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N1.1-4	15	1,2	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N1.1-5	14	1,12	5,36	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N1.1-6	14	1,12	5,56	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N1.1-7	9	0,72	3,44	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,5
	N1.1-8	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N1.1-9	11	0,88	4,21	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3

На рисунке 6 представлена электрическая схема щита мЩО-1.2.

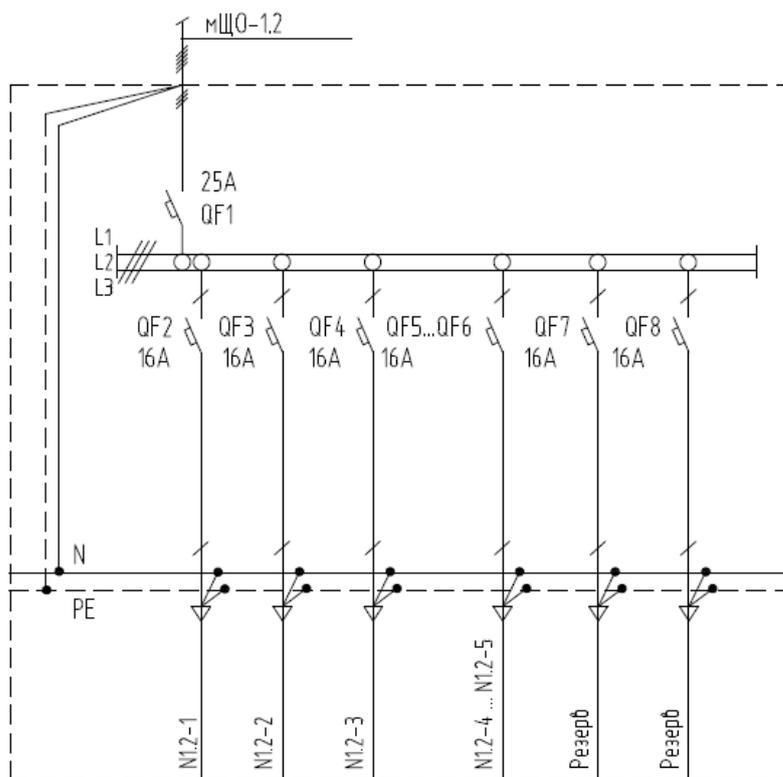


Рисунок 6 - Электрическая схема щита мЩО-1.2

В таблице 5 приведены расчетные данные групповых линий осветительной сети мЩО-1.2.

Таблица 5 - Расчетные данные групповых линий осветительной сети мЩО-1.2

Групповой щиток	Номер групповой линии	Кол-во светильников в линии	Установленная мощность, кВт	Макс. ток линии, А	Марка, сечение провода	Предельно допустимый ток провода, кабеля, А	Защит. автомат на ток, А
ЩО-1.2 $P_y = 4,64 \text{ кВт}$ $P_p = 4,64 \text{ кВт}$ $I_p = 7,4 \text{ А}$ $\cos\varphi = 0,95$	N1.2-1	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N1.2-2	15	1,2	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N1.2-3	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N1.2-4	15	1,2	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N1.2-5	12	0,96	4,59	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0

На рисунке 7 представлена электрическая схема щита мЩО-2.1.

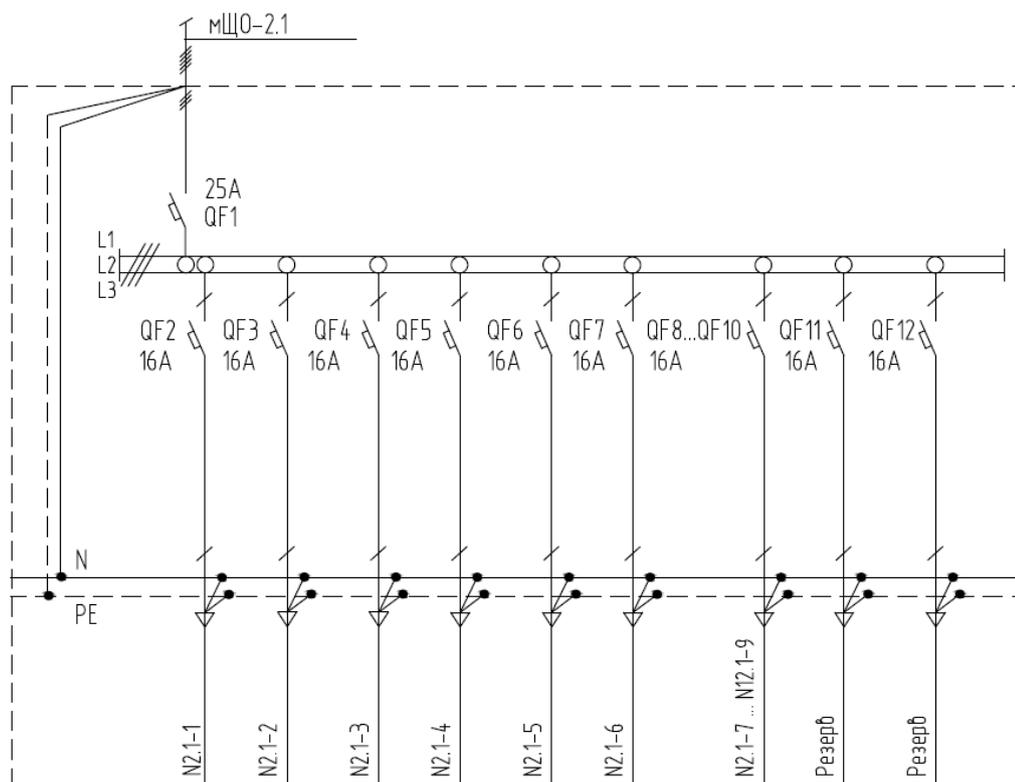


Рисунок 7 - Электрическая схема щита мЩО-1.2

В таблице 6 приведены расчетные данные групповых линий осветительной сети мЩО-2.1.

Таблица 6 - Расчетные данные групповых линий осветительной сети мЩО-2.1

Групповой щиток	Номер групповой линии	Кол-во светильников в линии	Установленная мощность, кВт	Макс. ток линии, А	Марка, сечение провода	Предельно допустимый ток провода, кабеля, А	Защит. автомат на ток, А
ЩО-2.1 $P_y = 7,36$ кВт $P_p = 7,0$ кВт $I_p = 11,2$ А $\cos\phi = 0,95$	N2.1-1	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N2.1-2	15	12	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N2.1-В	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N2.1-4	15	12	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N2.1-5	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N2.1-6	15	12	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N2.1-7	5	0,4	1,91	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N2.1-8	9	0,72	3,44	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N2.1-9	9	0,72	3,44	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3

На рисунке 8 представлена электрическая схема щита мЩО-2.2.

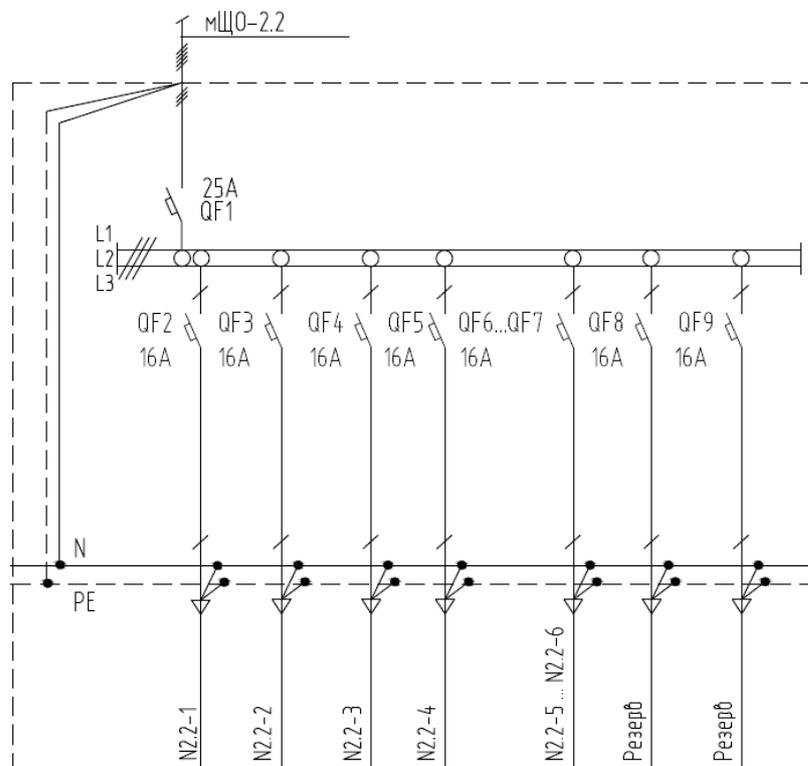


Рисунок 8 - Электрическая схема щита мЩО-2.2

В таблице 7 приведены расчетные данные групповых линий осветительной сети мЩО-2.2.

Таблица 7 - Расчетные данные групповых линий осветительной сети мЩО-2.2

Групповой щиток	Номер групповой линии	Кол-во светильников в линии	Установленная мощность, кВт	Макс. ток линии, А	Марка, сечение провода	Предельно допустимый ток провода, кабеля, А	Защит. автомат на ток, А
ЩО-2.2 P _y = 4,8 кВт P _p = 4,8 кВт I _p = 8,3 А cosφ = 0,95	N2.2-1	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N2.2-2	15	1,2	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N2.2-3	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N2.2-4	15	1,2	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N2.2-5	6	0,48	2,3	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N2.2-6	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3

На рисунке 9 представлена электрическая схема щита мЩО-3.1.

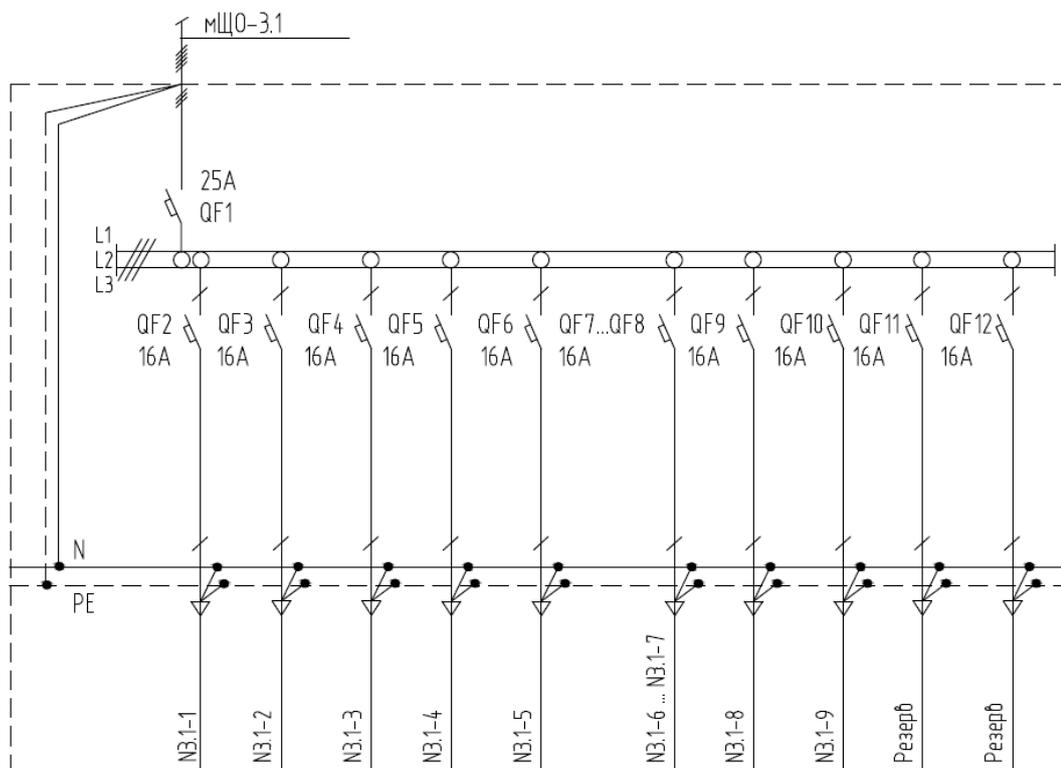


Рисунок 9 - Электрическая схема щита мЩО-3.1

В таблице 8 приведены расчетные данные групповых линий осветительной сети мЩО-3.1.

Таблица 8 - Расчетные данные групповых линий осветительной сети мЩО-3.1

Групповой щиток	Номер групповой линии	Кол-во светильников в линии	Установленная мощность, кВт	Макс. ток линии, А	Марка, сечение провода	Предельно допустимый ток провода, кабеля, А	Защит. автомат на ток, А
ЩО-3.1 P _y = 8,72 кВт P _p = 8,3 кВт I _p = 13,3 А cosφ = 0,95	N3.1-1	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N3.1-2	15	1,2	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N3.1-3	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N3.1-4	15	1,2	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N3.1-5	8	0,64	3,06	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N3.1-6	15	1,2	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N3.1-7	15	1,2	5,74	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0
	N3.1-8	5	0,4	1,91	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	6,3
	N3.1-9	20	1,6	7,66	ВВГнг(А)-LSLT 3×1,5	19,0	10,0

Аварийное освещение предусматривается на случай нарушения питания основного (рабочего) освещения. Аварийное освещение должно включаться автоматически при пропадании питания основного освещения. Аварийное освещение подключается к источнику питания, независимому от источника питания рабочего освещения.

«Эвакуационное освещение предусматривается по путям эвакуации, в коридорах и проходах, в зоне каждого изменения направления пути, на пересечении проходов и коридоров по основным проходам, в рекреациях, на лестничных клетках, в помещениях, где может находиться более 100 человек. У пожарных гидрантов установлены световые указатели со встроенными источниками питания с надписью: «ПГ»» [11]. Аварийное и эвакуационное освещение запитывается от щитков аварийного освещения ЩОА, установленных в коридорах на 1, 2 и 3 этажах.

Ремонтное освещение U-36В предусматривается в тепловом пункте, венткамерах, помещении насосной, электрощитовой.

Напряжение сетей рабочего освещения - 220В, аварийного и

эвакуационного освещения -220В, ремонтного - 36 В.

Для ремонтного освещения используются ящики с понижающим разделительным трансформатором типа ЯТП-0,25 с полной развязкой от первичного напряжения, не требующие использования в своей цепи аппаратов защиты на напряжение 220/36В.

Штепсельные розетки приняты с третьим заземляющим контактом на ток 16А и устанавливаются на высоте 1,8 м от чистого пола. Высоту установки выключателей освещения в помещениях пребывания детей принимаем 1,8 м от уровня пола, а высота установки выключателей в местах пребывания малогабаритных групп населения принимается 1 м от уровня пола.

Минимальные освещенности помещений приняты в зависимости от назначения помещений, в соответствии со строительными нормами и правилами, СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03 и СП 256.1325800.2016 [16], [17]. Источники света и типы светильников приняты в зависимости от среды помещений, характера выполняемых работ и высоты подвеса светильников.

Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования.

«Индекс помещения i определяется по выражению» [24]:

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

где « A и B - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [24].

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [24]:

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

где « N - число светильников;
 n - число ламп в светильнике;
 $\Phi_{л}$ - световой поток лампы;
 η - коэффициент использования;
 k - коэффициент запаса;
 S - площадь помещения» [24].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .
Определяется суммарная установленная мощность ламп» [24]:

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

где « $P_{нл}$ - мощность одной лампы» [24].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B » [24]:

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

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A » [24]:

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

«Определяем расстояние между светильниками L и расстояние от крайнего ряда светильников до стены l » [24]:

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

Для освещения местоположения указателей пожарных гидрантов и

номерных знаков используются светодиодные светильники для наружного освещения. Светильники входных групп, указателей пожарных запитаны от сети аварийного освещения здания.

Выводы по разделу.

В работе предусмотрено устройство следующих видов освещения:

- рабочее (общее);
- аварийное (эвакуационное и резервное);
- ремонтное.

Аварийное и эвакуационное освещение запитывается от щитков аварийного освещения ЩОА, установленных в коридорах на 1, 2 и 3 этажах.

Ремонтное освещение с напряжением 36В предусматривается в тепловом пункте, венткамерах, помещении насосной, электрощитовой.

Минимальные освещенности помещений приняты в зависимости от назначения помещений. Расчет требуемого количества светильников производился в программе Dialux.

Заключение

Целью бакалаврской работы являлось проектирование системы электроснабжения детского сада с учетом требований к надежности электроснабжения отдельных групп электроприемников.

Основным источником электроснабжения для проектируемого здания является существующая ТП 10/0,4кВ от которой до ВРУ прокладываются взаиморезервируемые кабельные линии.

По степени обеспечения надежности электроснабжения объект относится ко II-категории.

Электроприборы и оборудование лифтов, аварийного (эвакуационного) освещения, система вентиляционных установок подпора и дымоудаления воздуха, приборы пожарной сигнализации запитываются по I категории от панели противопожарных устройств, в которой предусматривается АВР. ВРУ выбрано типа ВРУ21Л.

Расчет электрических нагрузок, выбор пусковой аппаратуры, выбор сечений питающих линий выполнен по максимальному режиму работы.

Все электрооборудование (электродвигатели, пускозащитные аппараты и аппараты управления) выбрано с учетом среды, в которой оно эксплуатируется.

Расчетная электрическая нагрузка на шинах трансформаторной подстанции в целом по двум вводам составила 386,9 кВт, 110,2 квар и 402,4 кВА для активной, реактивной и полной нагрузок соответственно.

При этом нагрузка наружного освещения составила 1,74 кВт.

Планируемый годовой расход электрической энергии составил 761 кВт·ч.

Коэффициент мощности равен 0,98, тангенс ϕ равен 0,35 - компенсация реактивной мощности ввиду малой величины не эффективна и в данной работе не предусмотрена.

Сети наружного освещения 0,4 кВ запитаны от проектируемого шкафа

управления наружным освещением ШНО выполняются кабельной линией марки АВБШв-0,66. сечением $5 \times 4 \text{ мм}^2$. Кабельные линии до опор наружного освещения прокладываются в траншее.

Определен ряд мероприятий по экономии электрической энергии, к которым относятся обоснованный выбор сечений проводников, позволяющий минимизировать потери электрической энергии и применение для освещения люминесцентных и светодиодных светильников.

Для внутренних сетей в работе принята система заземления типа TN-C-S, где функции нулевого рабочего (N) и нулевого защитного (PE) проводников разделены от ВРУ до конечных потребителей объекта.

На вводе питающих кабелей в здание к ВРУ предусматривается установка наружного контура повторного заземления. В качестве заземлителей выбраны электроды, выполненные вертикальными электродами горячего оцинкования из стального уголка $50 \times 50 \times 5 \text{ мм}$, длиной 3м, соединенные между собой полосовой сталью $4 \times 50 \text{ мм}$ горячего оцинкования.

В качестве молниеприемника принята молниеприемная сетка, выполненная из круглой стали диаметром 8 мм с шагом ячейки 10м. Токоотводами служат спуски, выполненные из круглой оцинкованной стали диаметром 8 мм и присоединенные к наружному контуру заземления.

Во внутренних помещениях в соответствии с требованиями пункта 8.2.10 СП 252.1325800.2016 на проектирование зданий дошкольных образовательных учреждений выбраны светильники с люминесцентными лампами и лампами накаливания. Для архитектурного освещения фасадов здания предусмотрена светодиодная лента с управлением из шкафа архитектурного освещения через фотодатчик.

В работе приняты кабели, не распространяющие горение, с низким дымо- и газовыделением: для распределительных сетей внутри здания кабели с медными жилами марки ВВГнг(А)-LSLTx, для сетей аварийного освещения и электроприемников, которые сохраняют свою работоспособность в условиях пожара - кабели марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.

Сечение кабелей выбрано по длительно-допустимой токовой нагрузке, проверены на потерю напряжения и по току однофазного КЗ.

В работе предусмотрено устройство следующих видов освещения:

- рабочее (общее);
- аварийное (эвакуационное и резервное);
- ремонтное.

Аварийное и эвакуационное освещение запитывается от щитков аварийного освещения ЩОА, установленных в коридорах на 1, 2 и 3 этажах.

Ремонтное освещение с напряжением 36В предусматривается в тепловом пункте, венткамерах, помещении насосной, электрощитовой.

Минимальные освещенности помещений приняты в зависимости от назначения помещений. Расчет требуемого количества светильников производился в программе Dialux.

Список используемой литературы и источников

1. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: электронное учебно-методическое пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. 86 с.
2. ГОСТ 21.613-2014 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115056> (дата обращения 24.03.2024).
3. 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 30.12.2023).
4. ГОСТ 22483-2012 (IEC 60228:2004) Жилы токопроводящие для кабелей, проводов и шнуров [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200100953> (дата обращения 24.03.2024).
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 15.08.2023).
6. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения 30.12.2023).
7. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 30.12.2023).
8. ГОСТ Р 50462-2009 (МЭК 60446:2007) Базовые принципы и принципы безопасности для интерфейса «человек-машина», выполнение и идентификация. Идентификация проводников посредством цветов и

буквенно-цифровых обозначений [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200075956> (дата обращения 24.03.2024).

9. 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 17.01.2024).

10. 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 24.03.2024).

11. 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).

12. 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: 15.11.2023).

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

14. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 23.01.2024).

15. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 13.08.2023).

16. СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03 Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных пунктов. Гигиенические требования к естественному,

искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901859404> (дата обращения 30.12.2023).

17. 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 30.12.2023).

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

19. 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).

20. 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 15.12.2023).

21. СП 6.13130.2021 Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 30.12.2023).

22. СП 7.13130.2013 Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200098833> (дата обращения 23.03.2024).

23. 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 08.01.2024).

24. 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 16.12.2023).

25. СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456050591> (дата обращения 23.03.2024).

26. 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 30.12.2023).

27. 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 30.12.2023).