

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Энергосбережение и энергоаудит

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Электроснабжение детского дошкольного образовательного учреждения с разработкой мероприятий по обеспечению энергетической эффективности

Обучающийся

Д.А. Ефимов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

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

Консультант

М.В. Дайнеко

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

Тольятти 2023

## **Аннотация**

В бакалаврской работе рассмотрены вопросы электроснабжения детского дошкольного образовательного учреждения.

Дана краткая характеристика расположения детского сада, источника внешнего электроснабжения и климатические характеристики района расположения объекта.

Определены основной источник питания и параметры резервной генераторной установки для обеспечения электроснабжения потребителей первой и второй категории по надежности электроснабжения.

Выполнен расчёт электрических нагрузок всех потребителей электрической энергии детского сада. Определены расчетные нагрузки на шинах в водном распределительном устройстве, выбраны автоматические выключатели и проводники для питания как отдельных электроприемников, так и для групповых электрических сетей.

Определены параметры системы заземления здания детского сада и защиты от попадания ударов молний.

Определена нагрузка системы рабочего освещения и аварийного освещения здания. Выбраны типы светодиодных светильников как для внутренней системы освещения, так и для наружной системы освещения территории.

Определены основные мероприятия по энергосбережению и выбрано оборудование для достижения поставленных целей по энергосбережению.

Бакалаврская работа состоит из записки объемом 53 страницы печатного текста и графической части, выполненной на шести листах формата А1.

## **Abstract**

In the bachelor's work, the issues of power supply of a preschool educational institution are considered.

A brief description of the location of the kindergarten, the source of external power supply and the climatic characteristics of the area where the facility is located is given.

The main power source and the parameters of the backup generator set were determined to provide power supply to consumers of the first and second categories in terms of power supply reliability.

The calculation of the electrical loads of all consumers of electrical energy in the kindergarten was carried out. The calculated loads on the tires in the water switchgear are determined, automatic switches and conductors are selected for powering both individual electrical receivers and for group electrical networks.

The parameters of the grounding system of the kindergarten building and protection against lightning strikes are determined.

The load of the system of working lighting and emergency lighting of the building is determined. The types of LED lamps are selected both for the internal lighting system and for the external lighting system of the territory.

The main measures for energy saving have been determined and equipment has been selected to achieve the set goals for energy saving.

The bachelor's thesis consists of a note of 53 pages of printed text and a graphic part, made on six sheets of A1 format.

## Содержание

Введение.....	5
1 Система внутреннего электроснабжения и электроосвещения помещений дошкольного образовательного учреждения .....	9
1.1 Обоснование принятой схемы электроснабжения .....	10
1.2 Определение расчетных нагрузок по зданию .....	14
1.3 Надежность электроснабжения ЭП здания .....	22
1.4 Обеспечение электроэнергией электроприемников и компенсация реактивной мощности.....	23
1.4.1 Силовое электрооборудование.....	24
1.4.2 Блочная котельная .....	26
1.5 Мероприятия по заземлению (занулению) и молниезащите.....	28
1.6 Выбор типа, класса проводников для групповых и распределительных сетей.....	32
1.7 Система рабочего и аварийного освещения.....	37
1.7.1 Электроосвещение .....	37
1.7.2 Рабочее освещение .....	38
1.7.3 Аварийное освещение .....	40
1.7.4 Наружное освещение.....	41
1.8 Резервирование питания.....	42
2 Разработка мероприятий по обеспечению энергетической эффективности	45
Заключение .....	49
Список используемой литературы .....	51

## Введение

Площадка, на которой планируется возведение детского дошкольного образовательного учреждения расположена в центральной части городского округа Дербент.

Местоположение участка ограничено улицами: Буйнакского, Фабричная (1-й проезд), Сальмана. Месторасположение объекта на карте города показано на рисунке 1.



Рисунок 1 - Месторасположение объекта на карте города

Участок застроен существующим зданием, сооружениями и сетями инженерно-технического обеспечения детского сада №25 «Золушка», подлежащими демонтажу.

На участке присутствуют зеленые насаждения, деревья,

представляющие дендрологическую ценность. Малоценная часть насаждений будет вырублена.

Местность ровная, участок сложный с выраженным уклоном поверхности в северо-восточном направлении.

Границами участка являются: с востока и юга – административные строения, судебный участок и проезжая часть ул. Фабричная; с запада – жилая малоэтажная застройка по ул. Сальмана; с севера – строения и проезжая часть ул. Буйнакского.

Расчетные температуры наружного воздуха представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Расчетные температуры наружного воздуха

Значения температуры воздуха наиболее холодных суток, (°C):	Значение
обеспеченностью 0,98	минус 13
обеспеченностью 0,92	минус 11
Значения температуры воздуха наиболее холодной пятидневки, (°C):	Значение
обеспеченностью 0,98	минус 9
обеспеченностью 0,92	минус 7
Значения температуры воздуха холодного периода, (°C):	Значение
обеспеченностью 0,94	0
Значения температуры воздуха теплого периода, (°C)	Значение
обеспеченностью 0,95	28
обеспеченностью 0,98	30,0

Продолжительность периода со среднесуточной температуры воздуха ниже 8 °C – 158 дней, средняя температура периода 4 °C.

Среднегодовая температура поверхности почвы 15°C. Абсолютная максимальная температура на почве составляет 65°C, абсолютная минимальная – 23°C.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов

Нормативная глубина промерзания, см			
Глин, суглинков	Супесей, песков	Песков гравелистых	Крупнообломочных
0	0	0	0

В проектируемом объекте вместимость дошкольной образовательной организации (ДОО) составляет 120 детей, 6 групп (в том числе 1 шт. ясельная):

- ясельная группа (от 2 до 3 лет) - 1 шт. (20 чел., младенческий возраст);
- младшая группа (от 3 до 4 лет) - 1 шт. (20 чел., ранний возраст);
- средняя группа (от 4 до 5 лет) - 1 шт. (20 чел., дошкольный возраст);
- старшая группа (от 5 до 6 лет) - 1 шт. (20 чел. дошкольный возраст);
- подготовительная к школе группа (от 6 до 7 лет) - 2 шт. (20 чел. дошкольный возраст).

Двухэтажный детский сад имеет размеры в плане (общий габарит) 49,1×29,32 м, с высотой этажей 3,00 м. В помещениях с подвесным потолком высота в чистоте составляет минимально 2,70 м. Все этажи здания проектируются без перепадов в уровне пола.

В плане здание детского сада Г-образной формы, состоящее из двух примыкающих блоков простой прямоугольной формы.

Блок 1. Двухэтажный, со стенами из кирпича, прямоугольной в плане формы с размерами в осях 49,100×16,525, без подвальных помещений и чердака.

В блоке 1 запроектированы две группы от 3 до 5 лет, помещения прачечной, медицинский кабинет, пищеблок – на первом этаже, две группы от 5 до 7 лет, административные кабинеты, помещение для занятия музыкой и физкультурный зал – на втором этаже. У каждой групповой ячейки есть один эвакуационный выход непосредственно наружу, либо на лестницу 3-го типа.

Для нужд пищеблока предусматривается подъемник с электроприводом

для посуды и тары, для удобства транспортировки продуктов питания на второй этаж здания.

Блок 2. Двухэтажный, со стенами из кирпича, прямоугольной в плане формы с размерами в осях 16,910×12,800, без подвальных помещений и чердака.

В блоке 2 запроектированы одна ясельная группа на первом этаже и одна группа от 5 до 7 лет на втором этаже.

Проектируемый объект является потребителем следующих видов энергоресурсов [1]:

- электрической энергии 0,4 кВт;
- воды для хозяйственных и питьевых нужд;
- природного газа для выработки тепловой энергии на нужды отопления, вентиляции и ГВС.

Целью бакалаврской работы является разработка энергоэффективной системы электроснабжения электроприемников вновь строящегося дошкольного образовательного учреждения.

## **1 Система внутреннего электроснабжения и электроосвещения помещений дошкольного образовательного учреждения**

По условиям технологического присоединения основным источником питания для проектируемой ДОО является ПС330/110/6 кВ «Дербент-Южная» фидер 8, а резервным источником питания - проектируемая дизель-генераторная установка.

Точка присоединения 1: РУ-0,4 кВ ТП № 11-630 кВА, Ф-8, отходящие контакты автоматического выключателя в шкафу коммутационного аппарата – 140 кВт.

В качестве резервного источника питания используется дизель-генераторная установка АД-140С-Т400-2РНМ19 в контейнере Север ПБК 3,5 с АВР (ПОЖ, ЗУ).

Точка присоединения 2: РУ-0,4кВ ДГУ, отходящие контакты автоматического выключателя в шкафу коммутационного аппарата – 140 кВт.

Электроснабжение по второй категории электроснабжения выполнено от двух точек присоединения. Для потребителей I категории надежности электроснабжения предусматривается устройство АВР.

Монтаж дизель-генераторной установки на территории детского сада производится в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя на монолитную железобетонную фундаментную плиту. Дизельный генератор АД- 140С-Т400-2РНМ19 поставляется в металлическом контейнере Север ПБК 3,5 с АВР (ПОЖ, ЗУ). Панельный блок-контейнер с установленным внутри ДГУ и запасом топлива устанавливается «с колес» на подготовленное основание. Габаритные размеры контейнера: 3500×2300×2470 (Д×Ш×В).

Основные параметры выбранной ДГУ [2]:

- Постоянная мощность – 140 кВт/175 кВА;
- Резервная мощность – 154 кВт/192,5 кВА;
- Номинальная мощность – 155 кВт;
- Мощность максимальная – 170,5 кВт;

- Коэффициент мощности 0,8;
- Напряжение – 230/400 В;
- Количество фаз – 3;
- Частота – 50 Гц;
- Объем топливного бака – 310 л;
- Расход топлива при 100% мощности 35,9 л/час;
- Автономная работа без дозаправки (75% мощности) – 12 часов;
- Степень автоматизации – 2 (автозапуск)
- Габариты на открытой раме: 2800×880×1500мм;
- Вес на раме – 1350 кг.

В комплект поставки входит:

- Приточно-вытяжная вентиляция с проёмами, оснащёнными жалюзийными клапанами с электрическим или ручным приводом;
- Щит собственных нужд;
- Основное и аварийное освещение;
- Система пожаротушения;
- Система газовыхлопа;
- Система пожарной сигнализации;
- Система отопления (конвектор);
- Комплект ручного пожаротушения (огнетушитель типа ОУ).

В работе предусмотрено заземление ДГУ. Контур заземления состоит из вертикальных электродов, соединённых сталью полосовой 40×4мм [3].

Сопrotивление заземляющего устройства, согласно ПУЭ, не должно превышать 4 Ом. Молниезащита ДГУ, согласно РД 34.21.122-87, не выполняется.

## **1.1 Обоснование принятой схемы электроснабжения**

По степени надёжности электроснабжения электроприемники детского

сада относятся ко II категории, а противопожарные устройства, охранная сигнализация и аварийное освещение относятся к I категории согласно ПУЭ и СП 256.1325800.

Схема электроснабжения объекта принята радиальной.

Напряжение питающей и распределительной сети ~380/220 В. Система заземления TN-C-S.

Основной источник питания от централизованных сетей электроснабжения ТП№11-630 кВА.

От РУНН ТП №11 до ВРУ-0,4 проектом предусматривается проектирование ЛЭП состоящей из двух участков:

- первый участок ЛЭП воздушного подвеса – ВЛИ-0,4 кВ;
- второй участок ЛЭП подземной прокладки – КЛЭП -0,4 кВ.

ВЛИ 0,4 кВ.

Началом ВЛИ-0,4 кВ является коммутационный аппарат (рубильник) в ТП№11-630 кВА.

Окончанием ВЛИ-0,4 кВ является муфта на концевой опоре, перед границей земельного участка детского сада, для перехода в КЛЭП.

ВЛИ-0,4 кВ выполняется самонесущим изолированным проводом (Тип-4), с алюминиевыми жилами, покрытыми изоляцией из светостабилизированного сшитого полиэтилена марки СИП-4 4×120 кв.мм. (ГОСТ 31946-2012).

Марка и сечение провода выбраны по условиям проектирования (механической нагрузке, длительно-допустимому току, падению напряжения, условия эксплуатации) [4].

Основные физические характеристики провода представлены в таблице 3.

План расстановки опор ВЛИ-0,4кВ приведен на чертежах в графической части.

Таблица 3 - Основные физические характеристики провода

Марка, Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Разрывное усилие не менее, Н/мм <sup>2</sup>	Масса, кг/км	Допустимые токовые нагрузки провода, А
СИП - 4 4×120	45,0	1606,0	340

Типы опор на проектируемой линии определены согласно технических условий с учетом сечения подвешиваемых проводов, напряжения и условий прохождения трассы ВЛ [6].

В качестве опор приняты металлические опоры на базе стоек ОГС.

К установке принято два типа опор – концевые (ОГС-0,7-10) – 2 шт., анкерные (ОГС-1,0-10) на углах поворотов – 3 шт.

Для закрепления опор в грунте используются фундаменты металлические с фланцевым присоединением ФМ. Заглубление фундаментов опор 2,5-3,0 м.

Линейная арматура принята Ensto. По эквивалентности характеристик линейная арматура может быть заменена марками иного производителя.

По территории детского сада внеплощадочный участок линии выполняется подземным.

Участок ВЛИ-0,4 кВ проходящий по городской территории располагается (опоры) на общегородской территории.

Сближения ВЛИ-0,4 кВ с зданиями и сооружениями, границами смежных земельных участков выполнено с учетом нормируемых габаритов, указанных в пп.2.4.57, 2.4.58 ПУЭ 7-ое издание.

Согласно п. 2.1. 14278тм-т1 Нормы отвода земель для электрических сетей напряжением 0,38-750 кВ, земельные участки для размещения опор воздушных линий электропередачи напряжением 0,38-1,0 кВ в постоянное пользование не предоставляются [5].

КЛЭП - 0,4 кВ.

Началом КЛЭП-0,4 кВ является концевая муфта с комплектом ОПН на опоре ВЛИ-0,4 кВ (5Н). От муфты концевой кабель опускается в землю, при

спуске в землю по телу опоры кабель защищается трубой металлической на высоту 1,6 м для защиты от механических повреждений.

Окончанием участка КЛЭП-0,4 кВ является ввод №1 ВРУ в здании детского сада.

Прокладка КЛЭП-0,4кВ выполняется кабелем АВБбШв-1 сечением 4×150 мм<sup>2</sup> в траншее с подсыпкой постели из просеянного грунта на глубине 0,7 м от спланированной отметки земли [8].

Резервный источник питания автономный, ДГУ.

От РУ-0,4 кВ ДГУ (поз.8) сооружается КЛЭП -0,4 кВ (Н2) до ввода 2 ВРУ в здании детского сада.

Резервный кабель выполняется кабелем АВБбШв-1 сечением 4×150 мм<sup>2</sup> в траншее с подсыпкой постели из просеянного грунта на глубине 0,7 м от спланированной отметки земли.

Сети к зданиям и сооружениям на территории детского сада предусмотрены от ВРУ:

- к котельной: двумя кабельными линиями (рабочая и резервная Н3, Н4) кабелями марки АВБШв - 1кВ сеч.4×16 мм<sup>2</sup>. Длина кабельной линии - 125м;
- к собственным нуждам ДГУ: кабельной линией, кабелем марки АВБШв - 1кВ сеч.4×6 мм<sup>2</sup>. Длина кабельной линии - 125м.

Сечение кабелей 0,4 кВ выбрано на полную расчетную нагрузку, проверены по потере напряжения и на термическую устойчивость к токам короткого замыкания.

Кабели прокладываются в траншее на глубине 0,7 м от спланированной поверхности земли. При пересечении с подземными коммуникациями кабели защищаются двустенными гофрированными трубами Ø 110 мм. В стесненных условиях кабели прокладываются в одной траншее с разделением их кирпичом для защиты от повреждений [7].

Расстояние между взаиморезервируемыми траншеями не менее 1 м. Кабели 0,4 кВ защищаются сверху покрытием лентой сигнальной ЛСЭ.

Под кабелями устраивается постель из песка или грунта просеянного, высотой не менее 100 мм.

Кабельные траншеи приняты типа Т-3 согласно типового альбома А5-92 для напряжения 0,4 кВ.

## 1.2 Определение расчетных нагрузок по зданию

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

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки  $P_{p.p}$ , следует определять по формуле» [1]:

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

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» [4].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку  $P_{p.o}$ , следует определять по формуле» [1]:

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

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

$P_{p.p}$  - расчетная нагрузка розеточной сети» [1].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов  $P_{p.c}$ , следует определять по формуле» [1]:

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

где « $K_c$  - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$  - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [5].

«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» [1]:

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

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» [1].

Основными потребителями электроэнергии детского сада являются потребители согласно перечня в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 - Основные потребители электроэнергии. ВРУ

Наименование электроприемников	Мощность установленная, кВт	Kс	Мощность расчетная, кВт
Технологическое оборудование пищеблока	41,9	0,85	35,6
Холодильное оборудование	3,7	0,8	2,9
Технологическое оборудование детского сада	21,8	0,8	17,4
Технологическое оборудование прачечной	26,05	0,5	13,0
Компьютерное оборудование	4,7	0,4	1,9
-Подъемник технологический ПГ-М поз. 115	1,1	0,8	0,88
Подъемник для МГН поз. 116	0,75	0,4	0,6
Вентиляция	9,85	0,8	7,9
Блочная котельная	12,0	0,75	9,0
Сантехническое оборудование	0,86	1	0,86
Внутреннее рабочее электроосвещение	24,5	0,605	14,8
Наружное освещение	0,5	1	0,5
Всего на шинах ВРУ:	147,0	-	105,0

Таблица 5 - Основные потребители электроэнергии. ППУ

Наименование электроприемников	Мощность установленная, кВт
Щит противопожарных устройств	2,0 (2,0)
Аварийное электроосвещение	4,2
Вентиляторы подпора ПД1, ПД2 зоны безопасности МГН	2,05
Всего на шинах ППУ:	-
Рабочий режим	8,25 кВт
Пожарный режим	8,25 кВт

Для расчета нагрузки на секциях шин ВРУ была использована следующая методика:

«Для каждой подгруппы определяются суммарная номинальная  $P_{ni}$ ,  $Q_{ni}$  и промежуточная активная и реактивная мощности  $P_{ni}$ ,  $Q_{ni}$ » [1]:

$$P_{ni} = \sum_{i=1}^{n_i} P_{ni}; \quad (5)$$

$$P_{ni} = K_{ui} \cdot P_{ni}; \quad (6)$$

$$Q_{ni} = K_{ui} \cdot P_{ni} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i = P_{npi} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i, \quad (7)$$

где « $p_{ni}$  - номинальная мощность  $i$ -го электроприемника;

$K_{ui}$  - коэффициент использования ЭП  $i$ -й подгруппы;

$P_{ni}$  - суммарная номинальная мощность ЭП  $i$ -й подгруппы;

$\operatorname{tg} \varphi_i$  - коэффициент реактивной мощности, соответствующий коэффициенту мощности  $i$ -й подгруппы» [1].

«Все остальные параметры определяются для группы в целом.

Определяются суммарная номинальная мощность, промежуточная активная и реактивная мощности группы ЭП» [1]:

$$P_{n.z} = \sum_{i=1}^k P_{n.i}; \quad (8)$$

$$P_{n.z} = \sum_{i=1}^k K_{ui} P_{ni} = \sum_{i=1}^k P_{ni}; \quad (9)$$

$$Q_{n.z} = \sum_{i=1}^k K_{ui} P_{ni} \operatorname{tg} \varphi_i = \sum_{i=1}^k Q_{ni}. \quad (10)$$

«Определяются групповые коэффициенты использования и реактивной мощности» [1]:

$$K_{u.z} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{ui} P_{ni}}{\sum_{i=1}^n P_{n.i}} = \frac{P_{n.z}}{P_{n.z}}; \quad (11)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_i = \frac{\sum_{i=1}^n K_{ui} P_{ni} \operatorname{tg} \varphi_i}{\sum_{i=1}^n K_{ui} P_{ni}} = \frac{Q_{n.z}}{P_{n.z}}. \quad (12)$$

«Групповой  $\cos\varphi_{\Gamma}$  определяется по  $\operatorname{tg}\varphi_{\Gamma}$ .

Определяется эффективное число электроприемников  $n_{\text{э}}$ . Эффективное число электроприемников группы различных по мощности и режиму работы ЭП - это такое число однородных по режиму работы ЭП одинаковой мощности, которое обуславливает такую же величину расчетной нагрузки, как и данная рассматриваемая группа ЭП.

При незначительном числе ЭП в группе (НКУ, распределительные шинопроводы и пр.)  $n_{\text{э}}$  определяется по формуле [1]:

$$n_{\text{э}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{ni}\right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{ni}^2} = \frac{P_{\text{н.э}}^2}{\sum_{i=1}^n P_{ni}^2}. \quad (13)$$

«При значительном числе ЭП в группе (магистральные шинопроводы, шины цеховых трансформаторных подстанций, цех, корпус, предприятие) допускается использовать упрощенную формулу» [1]:

$$n_{\text{э}} = \frac{2\sum_{i=1}^n P_{ni}}{P_{\text{н.м}}} = \frac{2P_{\text{н.э}}}{P_{\text{н.м}}}, \quad (14)$$

где « $p_{\text{н.м}}$  - номинальная максимальная мощность ЭП группы» [1].

«Найденное по формуле (13) или (14) значение  $n_{\text{э}}$  округляется до ближайшего меньшего целого числа. Если в результате расчетов  $n_{\text{э}} > n$ , принимается  $n_{\text{э}} = n$ .

Определяются расчетные коэффициенты активной и реактивной мощности  $K_{\text{р}}$  и  $K_{\text{р.р}}$ . Значения коэффициентов зависят от  $n_{\text{э}}$ ,  $K_{\text{и.г}}$  и  $T_0$ . Значения  $K_{\text{р}}$  определяются по справочным таблицам или по номограммам.

Значения коэффициента  $K_{\text{р.р}}$  принимаются: при  $n_{\text{э}} \leq 10$   $K_{\text{р.р}} = 1,1$ , при  $n_{\text{э}} > 10$   $K_{\text{р.р}} = 1,0$ .

Определяются расчетные мощности  $P_{\text{р}}$ ,  $Q_{\text{р}}$ ,  $S_{\text{р}}$  и ток  $I_{\text{р}}$  ЭП группы» [1]:

$$P_p = K_p \sum_{i=1}^k K_{ui} P_{ni} = K_p P_{n.2}; \quad (15)$$

$$Q_p = K_{p.p} \sum_{i=1}^K K_{ui} P_{ni} \operatorname{tg} \varphi_i = K_{p.p} Q_{n.2}; \quad (16)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad (17)$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_n}, \quad (18)$$

где « $U_n$  - номинальное напряжение сети» [1].

Сведения об электроприемниках, их установленной и расчетной мощности приведены в графической части.

Основные показатели системы электроснабжения детского сада приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Основные показатели системы электроснабжения детского сада

Категория электроснабжения	II (вторая)	-
Максимальная (разрешенная) мощность, $P_{\max}$	140	кВт
Расчетная нагрузка, $P_p$	109,0	кВт
Расчетный ток, $I_p$	166	А
Установленная мощность, $P_u$	156,2	кВт
Коэффициент мощности	0,95	-
Годовое потребление электроэнергии	824	тыс.кВт·ч/год
Напряжение питающей сети	~380/220	В
Система заземления	TN-C-S	-

Результаты расчета нагрузок по секциям шин ВРУ представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Результаты расчета нагрузок по секциям шин ВРУ

Порядковый номер ЩС или ЩО	$n$	$P_n, кВт$	$P_n, кВт$	$K_u$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$K_u \cdot P_n, кВт$	$K_u \cdot P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi, квар$	$n \cdot P_n^2$	$n_3$	$K_p$	$P_p, кВт$	$Q_p, квар$	$S_p, кВА$	$I_p, А$	$T_m, ч$	$W, МВт \cdot ч$
секция шин I ВРУ1																	
ЩО-1	1	6,70	6,70	0,80	0,92	0,43	5,360	2,283	44,89	-	-	5,36	2,28	5,83	11,06	8000	43
ЩО-2	1	6,60	6,60	0,80	0,92	0,43	5,280	2,249	43,56	-	-	5,28	2,25	5,74	10,90	8000	42
ЩО-3	1	4,50	4,50	0,80	0,92	0,43	3,600	1,534	20,25	-	-	3,60	1,53	3,91	7,43	8000	29
ЩО-4	1	6,70	6,70	0,80	0,92	0,43	5,360	2,283	44,89	-	-	5,36	2,28	5,83	11,06	8000	43
ЩС-1	1	14,00	14,00	0,55	0,92	0,43	7,700	3,280	196	-	-	7,70	3,28	8,37	23,12	8000	62
ЩС-4	1	26,05	26,05	0,55	0,92	0,43	14,328	6,103	678,6025	-	-	14,33	6,10	15,57	43,02	8000	115
ЩС-5	1	11,70	11,70	0,55	0,92	0,43	6,435	2,741	136,89	-	-	6,44	2,74	6,99	19,32	8000	51
ЩСК	1	4,70	4,70	0,40	0,92	0,43	1,880	0,801	22,09	-	-	1,88	0,80	2,04	7,76	8000	15
ЩСВ	1	9,85	9,85	0,55	0,92	0,43	5,418	2,308	97,0225	-	-	5,42	2,31	5,89	16,27	8000	43
ТБМК-240* (котельная) ввод 2	1	0,00	0,00	0,80	0,92	0,43	0,000	0,000	0	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	8000	0
Итого по вводу 1	10	90,80	90,80	0,61	0,92	0,43	55,36	23,58	1284,20	6	1,00	55,36	25,94	61,14	92,89	-	443
секция шин II ВРУ1																	
ТБМК-240 (котельная) ввод 1	1	12,00	12,00	0,80	0,92	0,43	9,600	4,090	144	-	-	9,60	4,09	10,43	19,82	8000	77
ЩС-2	1	41,90	41,90	0,80	0,92	0,43	33,520	14,279	1755,61	-	-	33,52	14,28	36,43	69,20	8000	268
ЩС-3	1	3,70	3,70	0,80	0,92	0,43	2,960	1,261	13,69	-	-	2,96	1,26	3,22	6,11	8000	24

Продолжение таблицы 7

Порядковый номер ЩС или ЦО	$n$	$P_n$ , кВт	$P_n$ , кВт	$K_u$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$K_u \cdot P_n$ , кВт	$K_u \cdot P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi$ , квар	$n \cdot P_n^2$	$n_3$	$K_p$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВА	$I_p$ , А	$T_m$ , ч	$W$ , МВт·ч
ЩУ подъемника	1	1,10	1,10	1,00	0,92	0,43	1,100	0,469	1,21	-	-	1,10	0,47	1,20	1,82	8000	9
Освещение наружное	1	0,50	0,50	1,00	0,92	0,43	0,500	0,213	0,25	-	-	0,50	0,21	0,54	0,83	8000	4
Итого по вводу 2	5	59,20	59,20	0,81	0,92	0,43	47,68	20,31	1914,76	2	1,00	47,68	22,34	52,66	80,00	-	381

\* Резервные ЭП, а также ЭП, работающие кратковременно, в расчете не учитываются.

### 1.3 Надежность электроснабжения ЭП здания

Детский сад относится к потребителям II категории электроснабжения в соответствии с 252.1325800.2016 и ПУЭ.

Надежность электроснабжения электроприемников второй категории обеспечивается наличием двухсекционных ВРУ, питание которых выполнено по двум взаиморезервируемым линиям.

Для электроснабжения потребителей первой категории электроснабжения: аварийное освещение, охранная и пожарная сигнализация, проектом предусмотрена установка панели с автоматическим вводом резерва ППУ. Фасадная часть панели ППУ должна иметь отличительную окраску (красную) [9].

Для электропотребителей первой категории надёжности дополнительно предусматриваются независимые источники питания (ИБП), обеспечивающие автономную работу электроприёмников на время аварийной ситуации.

Качество электрической энергии, поставляемой сетевой организацией, в нормальном и послеаварийном режимах работы электрической сети должно соответствовать ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная».

Колебания напряжения в питающей сети от работы электроприемников с резкими изменениями активной и реактивной мощности не выходят за пределы допустимого. Падение напряжения между источником питания и любой точкой нагрузки в сети освещения не превышает 3%, для остальных электроприемников не более 5% (в соответствии с таблицей G.52.1 ГОСТ Р 50571.5.52-2011). Учитывая высокую надежность электроснабжения технологических нагрузок, проектом предусматривается аппаратура устойчивая к токам трехфазного короткого замыкания. Время отключения однофазного тока короткого замыкания принято в соответствии с ПУЭ 1.7.79 и составляет не более 5с для питающих сетей и 0,4с для групповых сетей. Контроль качества электроэнергии осуществляется переносными

измерительно-вычислительными приборами при подключении объекта и при плановых контрольных проверках [10].

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

В нормальном режиме электроснабжение детского сада обеспечиваются электроэнергией от основного источника электроснабжения (ввод 1, точка присоединения 1, централизованные электрические сети).

В аварийном режиме электроснабжение детского сада обеспечиваются электроэнергией от резервного источника электроснабжения (ввод 2, точка присоединения 2, дизель-генераторная установка) [11].

При исчезновении напряжения на основном (рабочем) вводе 1 ВРУ детского сада осуществляется вручную запуск ДГУ и переключение на резервный (аварийный) ввод 2 ВРУ.

Для потребителей I категории срабатывает устройство АВР, установленное в ППУ и переключает потребителей на ввод под напряжением, до восстановления напряжения рабочего ввода.

Линии электропередач 0,4 кВ (ввод 1, ввод 2) выполнены взаиморезервируемыми, каждый из которых в аварийном режиме рассчитан на полную нагрузку объекта.

Электрооборудование и кабели выбираются по номинальным и аварийным параметрам работы сети.

Схема электроснабжения, выбор оборудования и материалов обеспечивают требуемое качество электроэнергии [12].

Питание электроприемников систем противопожарной защиты выполнено от ППУ. Электроснабжение ППУ выполнено в соответствии с СП 6.13130.2013.

В качестве резервных источников питания для электроприемников систем противопожарной защиты предусмотрены устройства ИБП с аккумуляторными батареями в составе данного оборудования.

#### **1.4.1 Силовое электрооборудование**

В качестве вводно-распределительных устройств приняты:

- ВРУ - ВРУ-ID-(160+160)-02-11;
- ППУ - ВРУ-ID-100-03-10К.

Вводно-распределительный шкаф и ППУ располагаются в электрощитовой, расположенной на 1 этаже в помещении 142.

Силовыми токоприемниками являются электроприемники технологического оборудования, оборудование пищеблока, подъемник, компьютерное оборудование, сантехническое оборудование, уборочные механизмы [13].

Для распределения электроэнергии в проекте используются распределительные щиты серии ЩРн (ИЭК). В основе конструкции – сварной металлический корпус с защитным покрытием. Дверца корпуса закрывается на замок. Ключ замка имеет единый секрет. Внутри корпуса установлены: DIN – рейки для требуемого количества электроаппаратов, элементы для крепления шин N и PE, оперативная панель.

В групповых и распределительных щитах устанавливаются автономные модульные установки пожаротушения – пиростикеры.

Защита групповых и распределительных линий от токов перегрузки и токов короткого замыкания выполнена модульными автоматическими выключателями ВА47-29 с комбинированными расцепителями и дифференциальными автоматами АВДТ 32М, установленными в щитах.

К групповым линиям, защищаемым устройством защитного отключения (УЗО) с уставкой по току утечки не более 30мА, присоединяются следующие электроприемники [14]:

- компьютеры и принтеры;
- водонагреватель;

– розетки для уборочных механизмов.

Питание щитов запроектировано от вводно-распределительных устройств по смешанной схеме (магистральной и радиальной).

В качестве пусковой аппаратуры используются: комплектное оборудование и выключатели кнопочные ПКЕ-712. Для подключения переносного оборудования приняты штепсельные розетки с заземляющим контактом.

Управление электроприемниками технологического оборудования предусмотрено по месту, а вытяжной и приточной вентсистемами – по месту и дистанционно.

Для автоматического отключения вентиляции при пожаре на распределительной линии Пл8 установлен автоматический выключатель с независимым расцепителем.

Напряжение силовой сети принято -380В/220В, по пяти и трехпроводной схеме TN-C-S.

Распределительные сети выполняются кабелем ВВГнг(А)-LSLTx, прокладываемым открыто на скобах, в кабель-канале, за подвесными потолками коридоров, скрыто в гладких жестких ПВХ трубах по стояку.

Групповые сети выполняются кабелем ВВГнг(А)-LSLTx, прокладываемый открыто на скобах по коридорам и техническим помещениям, скрыто под слоем штукатурки по помещениям, в кабель-канале, за подвесными потолками [16].

Распределительные и групповые сети к электроприемникам СПЗ выполняются кабелем ВВГнг(А)-FRLSLTx.

Контрольные цепи выполняются кабелем КВВГнг(А)-LSLTx (управление вытяжной и приточной вентиляцией), прокладываемым открыто на скобах, скрыто под штукатуркой и в гладких жестких ПВХ трубах по стояку.

Применяемые проектом электротехнические изделия и материалы соответствуют требованиям государственных стандартов и технических условий, утвержденных в установленном порядке.

#### **1.4.2 Блочная котельная**

Принята автоматизированная блочно-модульная котельная ТБГК-240 тепловой мощностью 0,24МВт и потребляемой электрической мощностью 9,0 кВт.

Напряжение сети - 380/220В.

Категория надежности электроснабжения - II.

Для обеспечения II категории электроснабжения от двух секций шин ВРУ детского сада к ВРУ котельной прокладываются два взаиморезервируемых кабеля АВБбШв-1 сеч. 4×25 мм<sup>2</sup>, расстояние между взаиморезервируемыми линиями 1м.

Система автоматизации котельной обеспечивает автоматическую работу основного и вспомогательного оборудования, а также всех ее систем без постоянного присутствия обслуживающего персонала (оператора), в том числе [15]:

- а) регулирование теплопроизводительности котлов;
- б) равномерное использование котельного оборудования (поочередное включение котлов);
- в) автоматическое управление насосным оборудованием котельной (автоматическое включение резервных насосов и т.д.);
- г) погодозависимое регулирование температуры теплоносителя (автоматическое поддержание температуры теплоносителя на выходе из котельной, в соответствии с заданным температурным графиком, в зависимости от температуры наружного воздуха);
- д) автоматическое управление горелочными устройствами котлов.

В системе автоматизации котельной предусмотрена сигнализация об остановке насосов по падению давления на напорных линиях от насосов.

В здании котельной предусматривается система сигнализации по превышению содержания метана (CH<sub>4</sub>) и угарного газа (CO), выполненная на базе приборов «СГГ-6М-П10» и «СОУ-1», соответственно. Применяемые приборы имеют сертификаты и разрешения на применение на территории Российской Федерации.

Для возможности удаленного контроля и проверки работоспособности котельной реализована функция GSM- диспетчеризации.

Учет электроэнергии выполняется счетчиками электронными СЕ 302 на отходящих линиях ВРУ детского сада, подучет - счетчиком активной и реактивной электроэнергии СЕ 302, установленном внутри комплектного распределительного щита котельной.

В соответствии с ПУЭ 7 изд. в комплекте котельной предусматривается заземляющее устройство и молниезащита дымовой трубы.

На обосновании требований п 7.3.1 СП 256.1325800.2016 компенсация реактивной мощности не предусмотрена.

Для эффективного использования электроэнергии предусматривается:

- применение светодиодного освещения внутри здания и для наружного освещения;
- выбор оптимального сечения и трассы кабелей для снижения активных потерь в пределах допустимых;
- применение кабелей с медными жилами;
- установка ВРУ максимально близко к центру нагрузок.

Коммерческий учет потребляемой электрической энергии выполняется сетевой организацией средствами учета на напряжении 0,4 кВ электронными приборами косвенного присоединения [18].

Для учета потребляемой электроэнергии в ВРУ установлены счетчики электрической энергии, класса точности не ниже 1,0.

Счетчики электрической энергии для технического учета (подучет) на объекте приняты к установке на вводе ВРУ, на вводе ППУ (системы противопожарной защиты) и на вводе ВРУ блочно-модульной котельной.

## 1.5 Мероприятия по заземлению (занулению) и молниезащите

Молниезащита детского сада выполнена согласно требованиям СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».

Объект по опасности ударов молнии классифицируется как обычный, а по уровню защиты от прямых ударов молнии имеет III уровень.

Молниезащита осуществляется путем установки молниеприемной сетки на кровле с шагом не более 10×10 м. Выступающие над крышей металлические элементы (трубы, вентиляционные устройства) присоединяются к молниеприёмной сетке круглой сталью ф8мм, а все неметаллические выступающие части оборудовать дополнительными молниеприемниками (ст. круг ф18 мм) выше на 0,5 м от выступающих частей, соединить с молниеприемной сеткой круглой сталью ф8 мм. Сетка укладывается непосредственно на кровлю [17].

От молниеприемника предусматриваются спуски (токоотводы) к наружному заземляющему устройству. Токоотводы проложены через каждые 20 м по периметру здания и выполнены круглой сталью диаметром 8 мм за облицовочным камнем в негорючих материалах стены, согласно привязок, указанных на плане. Токоотводы соединяются между собой горизонтальным поясом (круглой сталью ф8 мм) вблизи поверхности земли на 0,5 м. Токоотводы располагаются на расстоянии не менее 3 м от входов в здание, от окон – максимально возможное.

Выполнен контур заземления здания (фундаментный заземлитель), состоящий из горизонтального заземлителя (стальная горячеоцинкованная полоса 40×4 мм). Расстояние от фундамента здания до горизонтального заземлителя не менее 1 м. Глубина траншеи не менее 0,5 м. После монтажа заземлителей, траншея засыпается грунтом, не содержащим камней и строительного мусора [20].

Все соединения токоотводов, молниеприемника, заземляющих устройств, должны быть выполнены сваркой.

От двух точек наружного контура заземления заведены по две стальные полосы 40×4 в электрощитовую детского сада и присоединены к ГЗШ здания.

Электробезопасность.

Для предотвращения поражения людей электрическим током в случае повреждения изоляции, проектной документацией предусмотрены системы заземления и системы уравнивания потенциалов.

Выполнены внутренние контуры заземления электрощитовой здания стальной полосой 25×4 мм.

Система заземления здания принята TN-C-S.

Схема системы заземления представлена на рисунке 2.

Внутри здания предусматривается система заземления TN-S с разделением шины РЕ и N. В распределительных и групповых сетях для заземления используется нулевой защитный проводник РЕ.

На вводе в здание предусматривается основная система уравнивания потенциалов, соединяющая между собой с помощью главной заземляющей шины (ГЗШ) следующие проводящие части [19]:

- защитные заземляющие нулевые проводники питающих кабельных линий (PEN);
- нулевой защитный проводник РЕ распределительной линии;
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание;
- арматура железобетонных конструкций здания;
- металлические части централизованных систем вентиляции;
- подъемник МГН и пищеблока.
- систему молниезащиты здания.

Металлические конструкции подвесных потолков заземляются путем присоединения их к защитным РЕ-проводникам линии освещения у первого и последнего светильника, а при значительной протяженности и в промежуточных точках.

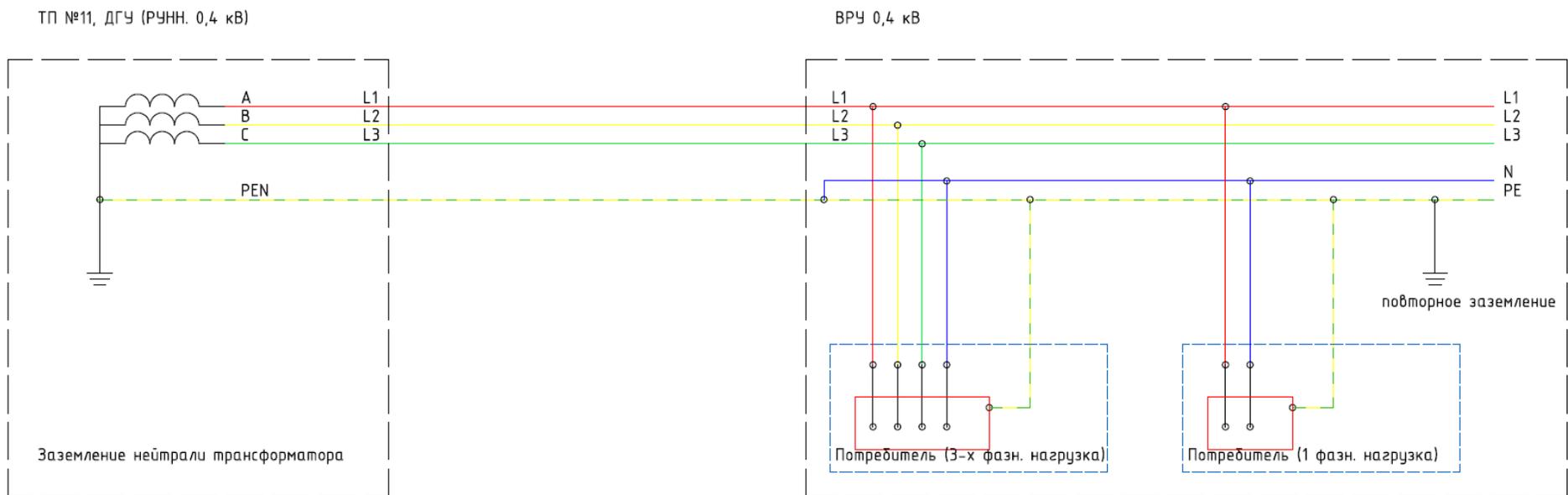


Рисунок 2 - Схема системы заземления

В качестве главной заземляющей шины используется РЕ шина вводного устройства ВРУ.

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции предусмотрены следующие меры защиты [20]:

- усиленная изоляция;
- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов.

Для защиты от поражения электрическим током в случае уменьшения сопротивления между токоведущими и токопроводящими поверхностями в здании предусмотрено выполнение основной и дополнительной систем уравнивания потенциалов.

Для выполнения дополнительной системы уравнивания потенциалов к ГЗШ проводниками системы уравнивания потенциалов присоединяются душевые поддоны.

Внутренняя система уравнивания потенциалов через заземляющие шины, соединенные кабелем исполнения «нг(А)-LSLTx» сечением  $1 \times 25 \text{ мм}^2$ , присоединяется к главной заземляющей шине (ГЗШ). В качестве ГЗШ принята шина РЕ вводно-распределительного устройства ВРУ.

ГЗШ присоединяется к наружному контуру заземления (фундаментный заземлитель) проводником, выполненным из стали полосовой оцинкованной  $25 \times 4 \text{ мм}$ .

Трубостойка РС, установленная на кровле, присоединяется к наружному контуру заземления.

В качестве фундаментного заземлителя используется горизонтальный заземлитель (сталь полосовая горячеоцинкованная  $40 \times 4 \text{ мм}$ ), прокладываемый на глубине не менее 0,5 м от поверхности земли по периметру здания вдоль фундамента.

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

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

- по номинальному напряжению» [4]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (19)$$

- «по номинальному току» [4]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (20)$$

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

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)}, \quad (21)$$

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

«Выбор исполнения расцепителей максимального тока. Если в соответствии с ПУЭ требуется защита от перегрузки и эта защита не обеспечивается другими устройствами, то автоматические выключатели должны иметь расцепители максимального тока с обратно зависимой от тока характеристикой [21].

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

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

$$k_{pn} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск},, \quad (22)$$

где « $I_y$  – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$  – пусковой ток двигателя;

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

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

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

$$t_i > t_{ni},, \quad (23)$$

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

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

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

$$t_{cp} > t_{дон},, \quad (24)$$

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

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

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [4]:

$$I_{pa} \leq I_{np} \leq I_{дон}, \quad (25)$$

$$I_2 \leq 1,45I_{дон}, \quad (26)$$

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

$I_{np}$  – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$  – допустимый ток кабеля;

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

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

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

Групповые сети освещения детского сада прокладываются скрыто кабелем ВВГнг(А)-LSLTx по стенам под штукатуркой. Для аварийной сети освещения используется кабель ВВГнг(А)-FRLSLTx. Для розеточных групп используется кабель ВВГнг(А)-LSLTx.

Распределительные и групповые линии рабочего освещения выполняются кабелями ВВГнг(А)-LSLTx.

Распределительные и групповые линии аварийного освещения выполняются кабелями ВВГнг(А)- FRLSLTx.

Кабели прокладываются в стальных трубах по стоякам, открыто на скобах за подвесными потолками, скрыто в слое штукатурки, в пустотах плит перекрытий, в штрабах.

Силовые распределительные сети выполнены кабелем ВВГнг(А)-LSLTx скрыто, в ПВХ трубах, в стенах под штукатуркой, в стальных трубах в подготовке пола.

В таблице 8 представлены результаты расчета питающих линий.

Таблица 8 - Результаты расчета питающих линий

Питающая линия	Расчетная мощность $P_p$ , кВт	Расчетный ток $I_p$ , А	Длина $L_{пр}$ , м	Момент $M_p$ , кВт м	Потеря напряжения $\Delta U$ , %	Марка и сечение питающей линии	Способ прокладки	Наименование
Пл1	8,7	14,3	32,5	282,8	0,7	ВВГнг(А)-LSLTx-5×6	ПВХ3 2-5м ск-30м	ЩО-1 ЩО-3
Пл2	9,8	16,1	52,5	514,5	0,7	ВВГнг(А)-LSLTx-5×10	ПВХ3 2-5м ск-50м	ЩО-2 ЩО-4
Пл3	9,6	15,8	30	288	0,7	ВВГнг(А)-LSLTx-5×6	ск	ЩС-1
Пл4	13,0	21,4	45	585	0,5	ВВГнг(А)-LSLTx-5×16	ск	ЩС-4
Пл5	7,8	12,8	35	273	0,6	ВВГнг(А)-LSLTx-5×6	ПВХ3 2-5м ск-30м	ЩС-5
Пл6	3,7	6,1	35	129,5	0,5	ВВГнг(А)-LSLTx-5×4	ПВХ3 2-5м ск-30м	ЩСК
Пл7	7,9	13,2	30	240	0,6	ВВГнг(А)-LSLTx-5×6	ск	ЩСВ-1
Пл11	35,6	58,5	40	1424	0,8	ВВГнг(А)-LSLTx-5×2,5	ск	ЩС-2
Пл12	2,9	4,8	35	101,5	0,4	ВВГнг(А)-LSLTx-5×4	ск	ЩС-3
Пл13	1,1	1,96	35	38,5	0,2	ВВГнг(А)-LSLTx-5×2,5	ПВХ2 5-5м ск-30м	ШУ подъемника пищевых блока
Пл14	0,5	0,8	10	5	0,2	ВВГнг(А)-LSLTx-3×2,5	ск	ШУНО
Пл15	4,2	6,9	27,5	115,5	0,4	ВВГнг(А)-FRLSLTx-5×4	ПВХ3 2-5м ск-25м	ЩОА-1 ЩОА-2
Пл16	2,0	3,3	55	110	0,4	ВВГнг(А)-FRLSLTx-5×4	ск	ЩПУ

Продолжение таблиц 8

Питающая линия	Расчетная мощность $P_p$ , кВт	Расчетный ток $I_p$ , А	Длина $L_{пр}$ , м	Мощность $M_p$ , кВт	Потеря напряжения $\Delta U$ , %	Марка и сечение питающей линии	Способ прокладки	Наименование
Пл17	1,1	1,96	50	38,5	0,2	ВВГнг(А)-LSLTx-5×2,5	ПВХ2 5-5м ск-30м	ШУ насосной станции
Н1-116	0,75	1,1	35	38,5	0,2	ВВГнг(А)-LSLTx-5×2,5	ПВХ2 5-5м ск-30м	ШУ подъемника МГН
Н1-ПД1	1,1	1,96	5	38,5	0,2	ВВГнг(А)-FRLSLTx-5×2,5	ПВХ2 5-5м ск-30м	ШУ вентилятора подпора
Н2-ПД1	-	-	30	-	-	ВВГнг(А)-FRLSLTx-5×2,5	-	вентилятор подпора ПД1
Н1-ПД2	0,75	1,11	5	38,5	0,2	ВВГнг(А)-FRLSLTx-5×2,5	ПВХ2 5-5м ск-30м	ШУ вентилятора подпора
Н2-ПД2	-	-	30	-	-	ВВГнг(А)-FRLSLTx-5×2,5	-	вентилятор подпора 1Ц2

Все проходы кабелей и проводов в защитной оболочке через стены, перегородки, междуэтажные перекрытия, должны иметь заделки с огнестойкостью не ниже огнестойкости строительных конструкций, в которых выполнен проход (п. 14.24 СП31-110-2003, п. 3.65 СП 76.13330.2016).

Кабели электроснабжения внутриплощадочных сетей прокладываются в земле на глубине 0,7м (с автодорогой 1,0м) от планировочных отметок земли на подушке из просеянного грунта и покрываются слоем красного кирпича по всей трассе.

Пересечения кабелей с подземными коммуникациями выполнены в асбестоцементных трубах, а с автодорогой в полиэтиленовых трубах  $\phi$  63мм.

Осветительные приборы в помещениях для детей должны иметь защитную светорассеивающую арматуру. В помещениях пищеблока и прачечной - пылевлагонепроницаемую защитную арматуру. Условный защитный угол светильников должен быть не менее 90°. Цветовая коррелированная температура светодиодов белого света не должна превышать 4000°K.

Типы групповых щитков, светильники, пусковая аппаратура, марка и сечения проводов, способы их прокладки приняты в соответствии с чертежами, разработанными в данном проекте.

Все автоматические выключатели с комбинированными расцепителями для защиты электрических сетей от токов КЗ и перегрузок, а дифференциальные автоматы, реагирующие на дифференциальный ток, не превышающий 30мА и обеспечивающие электро и пожаробезопасность установок. Уставки токов трогания расцепителей автоматических выключателей, сечения проводников выбраны из условия обеспечения надежного отключения при однофазных коротких замыканиях в сети 0,4кВ.

Результаты выбора АВ представлены на листах графического материала.

## **1.7 Система рабочего и аварийного освещения**

### **1.7.1 Электроосвещение**

Напряжение распределительной сети -380/220В, светильников рабочего и аварийного освещения - 220В, переносного – 36 В.

Расчетные нагрузки электроосвещения по детскому саду составляют:

- рабочее освещение  $P_p=14,8$  кВт;
- аварийное освещение  $P_p=4,2$  кВт.

В работе предусмотрено три вида освещения: рабочее, аварийное, ремонтное. Для помещений принята комбинированная система рабочего освещения: общее и местное.

### **1.7.2 Рабочее освещение**

Светильники рабочего освещения детского сада получают питание от этажных щитов ЩО, аварийного от щитов ЩАО по отдельным распределительным линиям [22].

В качестве групповых осветительных щитков приняты щитки серии ЩРН и ЩРВ, которые комплектуются модульными автоматическими выключателями ВА47-29 и дифференциальными автоматами АВДТ-32М.

Управление светильниками общего освещения помещений предусмотрено выключателями по месту, а помещений без естественного освещения и кладовых – из коридоров.

Для общего освещения коридоров и помещений приняты светильники с люминесцентными лампами и светодиодные светильники.

Для местного освещения в помещениях предусмотрена сеть штепсельных розеток. В помещениях для пребывания детей выключатели и штепсельные розетки устанавливаются на высоте 1,8м от пола. Все розетки предусмотрены с заземляющим контактом и защитными шторками, закрывающими контакты при выключенных вилках.

Высота установки розеток в помещениях пищеблока – 1,3м или по заданию, пусковых аппаратов – 1,2...1,6м, высота установки розеток в остальных помещениях – до 1м, высота установки выключателей освещения в помещениях общего назначения – до 1,5м.

В функциональных лечебных помещениях, к которым предъявляются высокие требования к созданию правильной цветовой отдачи (медицинский кабинет, процедурная), предусмотрены люминесцентные лампы типа ЛХЕ.

Ремонтное освещение для осмотра и ремонта инженерного оборудования в помещениях с повышенной опасностью выполняется переносными лампами, подключаемыми к сети на напряжении 36В от ящиков с понижающим трансформатором ЯТП-220/36, устанавливаемого в электрощитовой и венткамерах, а также на 12В от ящика с понижающим трансформатором ЯТП-220/12, устанавливаемого в тепловом узле.

Нормируемые уровни освещенности, качественные параметры осветительных установок приняты согласно по СП 52.13330.2016, СП 256.1325800.2016. Освещенность на путях эвакуации (в том числе в начале и конце пути) и в местах оказания (предоставления) услуг для МГН повышена на одну ступень по сравнению с требованиями СП 52.13330.

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

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

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (27)$$

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

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

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [3]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot \eta}, \quad (28)$$

где « $N$  - число светильников;

$n$  - число ламп в светильнике;

$\Phi_l$  - световой поток лампы;

$\eta$  - коэффициент использования;

$k$  - коэффициент запаса;

$S$  - площадь помещения» [4].

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

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [3]:

$$P_{n\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{nl}, \quad (29)$$

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

Результаты расчетов освещения представлены на листах в графической части ВКР.

Выбор типов светильников произведен в соответствии с характеристикой помещений по ПУЭ в зависимости от окружающей среды.

### **1.7.3 Аварийное освещение**

Светильники аварийного освещения выделены из числа светильников общего освещения и присоединяются к самостоятельной сети. Аварийное освещение является частью рабочего освещения. Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников общего освещения, с видимой стороны светильников аварийного освещения наносятся красной несмываемой краской буквы «А» высотой 100 мм.

Светильники аварийного освещения и световые указатели выбраны со встроенными аккумуляторами, которые включаются при пропадании основного питания светильников.

Аварийное освещение здания подразделяется на эвакуационное и резервное. Эвакуационное освещение здания подразделяется на освещение путей эвакуации и антипаническое освещение.

Освещение путей эвакуации (система информационно-эвакуационного освещения) выполняется СП 52.13330.2016 п.7.6.3 в коридорах и проходах и на их пересечениях, холлах, на лестничных клетках, перед каждым эвакуационном выходом из помещения, в местах размещения средств пожаротушения с обеспечением минимальной освещенности не менее 5% от общего освещения.

Эвакуационное освещение зон повышенной опасности предусматривается в помещениях с постоянно работающими в них людьми, если вследствие отключения рабочего освещения продолжающаяся при этом

работа производственного оборудования создает опасность травматизма (горячий цех).

Резервное освещение предусматривается в помещениях, для которых по условиям технологического процесса требуется нормальное продолжение работы (процедурная).

Эвакуационное освещение зон повышенной опасности предусмотрено в технических помещениях (электрощитовая, венткамера, ввод тепловой сети).

Предусмотрено аварийное освещение в замкнутых пространствах здания (санузел МГН и зона безопасности), где инвалид, в том числе с дефектами слуха, может оказаться один (п. 5.5.7 СП 59.13330.2020). Выключатели, которыми могут воспользоваться МГН в помещениях, устанавливаются на высоте не более 0,8 м от уровня пола.

Эвакуационное освещение больших площадей (антипатическое освещение) предусматривается в больших помещениях площадью более 60 м<sup>2</sup> (зал музыкальный/физкультурный) и направлено на предотвращение паники и обеспечение условий для безопасного подхода к путям эвакуации.

Световые указатели «Выход» со встроенными аккумуляторами предусматриваются в коридорах, холлах и у выходов из здания и присоединяются к сети аварийного освещения.

Продолжительность работы световых указателей и светильников аварийного освещения, при питании их от встроенных аккумуляторов обеспечивает эвакуацию людей и проведение мероприятий по ликвидации аварийной ситуации в течение трех часов.

#### **1.7.4 Наружное освещение**

В работе предусмотрено освещение территории детского сада, функциональных зон и проездов.

Сеть освещения подключается к ВРУ детского сада и выполняется кабелем силовым, с алюминиевыми жилами, бронированный с изоляцией из ПВХ с заполнением, напряжением 1 кВ марки АВБШв-1.

Протяженность кабелей наружного освещения – 195 м.

Сечение кабеля выбрано на полную расчетную нагрузку, проверено по потере напряжения и на термическую устойчивость к токам короткого замыкания.

Расчетная нагрузка системы электроснабжения наружного освещения – 0,5кВт.

Напряжение сети - 380/220В.

Кабель электроснабжения наружного освещения прокладывается в земляной траншее на глубине не менее 0,7 м от спланированной отметки земли с устройством постели из просеянного грунта, согласно решений А5-92 в траншее типа Т-3. Кабель защищается сверху покрытием лентой сигнальной ЛСЭ.

При пересечении с подземными коммуникациями и с автодорогой кабели прокладываются в трубах  $\phi 100$  мм. При пересечении с автодорогой кабели прокладываются на глубине 1 м.

Управление освещением предусмотрено при помощи автоматического выключателя с фотореле типа ФР в электрощитовой, с выносным элементом устанавливаемого на наружной стене здания.

Светотехническое оборудование и размещение светильников выбраны согласно архитектурного задания. К установке приняты светильники со светодиодными лампами типа Высота 1-2, устанавливаемыми на металлических опорах. Высота опор не выше 6 м. закрепление опор в грунте металлическими закладными элементами являющиеся заземлителем.

Количество опор освещения – 6 шт.

### **1.8 Резервирование питания**

В рабочем режиме питание электроприемников на стороне 0,4 кВ осуществляется от ВРУ, силовых, групповых щитов и щитов управления.

Резервный источник электроснабжения - дизель-генераторная установка.

Переключение с основного источника электроснабжения на резервный, осуществляется вручную.

Для потребителей I категории (систем противопожарной защиты) используется устройство АВР, поставляемое комплектно с ППУ. Автоматический ввод резерва двустороннего действия с контролем напряжения по двум вводам выполнен на базе программируемого контроллера. Контроль напряжения осуществляется при помощи реле контроля фаз.

Комплектное устройство АВР дизель-генераторной установки (II степени автоматизации) одностороннего действия осуществляет контроль напряжения на основном вводе ВРУ детского сада и осуществляет запуск ДГУ при отсутствии напряжения и несоответствии его требуемым параметрам.

Контроль напряжения осуществляется связью кабелем контрольным марки марки КВББШ  $5 \times 1,5 \text{ мм}^2$ , прокладываемый параллельно силовым цепям. Исполнительные устройства контроля напряжения, вторичные цепи измерительных трансформаторов тока ввода 1.

При срабатывании устройства АВР ДГУ, подключается ППУ по второму вводу.

ВРУ детского сада второй категории надежности электроснабжения переключается вручную на резервный ввод 2 от ДГУ.

При восстановлении напряжения на основном вводе 1, совершаются операции по переключению в обратной последовательности.

Выводы по разделу.

Выполнен расчётных электрических нагрузок здания детского сада. Суммарная расчётная нагрузка на шинах ВРУ с учетом противопожарных устройств составила 109 кВт. Для электроснабжения потребителей первой категории электроснабжения: аварийное освещение, охранная и пожарная сигнализация, проектом предусмотрена установка панели с автоматическим вводом резерва ППУ. Для электропотребителей первой категории надёжности дополнительно предусматриваются независимые источники питания (ИБП),

обеспечивающие автономную работу электроприёмников на время аварийной ситуации. При исчезновении напряжения на основном (рабочем) вводе 1 ВРУ детского сада осуществляется вручную запуск ДГУ и переключение на резервный (аварийный) ввод 2 ВРУ.

Для распределения электроэнергии в проекте используются распределительные щиты серии ЩРн.

Защита групповых и распределительных линий от токов перегрузки и токов короткого замыкания выполнена модульными автоматическими выключателями ВА47-29 с комбинированными расцепителями и дифференциальными автоматами АВДТ 32М, установленными в щитах.

Питание щитов спроектировано от вводно-распределительных устройств по смешанной схеме.

Распределительные и групповые сети выполняются кабелем ВВГнг(А)-LSLTx, прокладываемым открыто на скобах, в кабель-канале, за подвесными потолками коридоров.

Молниезащита осуществляется путем установки молниеприемной сетки на кровле с шагом не более  $10 \times 10$  м.

Выполнен контур заземления здания, состоящий из горизонтального заземлителя полосой  $40 \times 4$  мм. Система заземления здания принята TN-C-S.

Выбраны автоматические выключатели и проводники для групповых электрических сетей и для отдельных электроприемников.

Определены расчетные нагрузки электроосвещения по детскому саду, которые для рабочего освещения составили 14,8 кВт, а для аварийного освещения 4,2 кВт.

Для общего освещения коридоров и помещений в основном используются светодиодные светильники. Выполнен расчет освещения по методу удельной мощности и коэффициента использования.

## **2 Разработка мероприятий по обеспечению энергетической эффективности**

Суммарная потребная мощность – 105,5 кВт.

Принятое напряжение -380/220 В.

Годовой расход электроэнергии – 267,4 тыс.кВт·час.

Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

- приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);
- удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);
- температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

Вводимое в эксплуатацию при строительстве здание должно быть оборудовано:

- отопительными приборами, используемыми в местах общего пользования;
- устройствами автоматического регулирования подачи теплоты на отопление, установленными на вводе в здание, строение, сооружение, а также пофасадного или части здания;
- приборами учета энергетических и водных ресурсов, установленными на вводе в здание;
- регуляторами давления воды в системах холодного и горячего водоснабжения на вводе в здание, строение, сооружение;
- энергосберегающими осветительными приборами в местах общего пользования;

- оборудованием, обеспечивающим выключение освещения при отсутствии людей в местах общего пользования (датчики движения, выключатели);
- устройствами компенсации реактивной мощности при работе электродвигателей;
- дверными доводчиками;
- второй дверью в тамбурах входных групп, обеспечивающей минимальные потери тепловой энергии;
- ограничителями открывания окон.

Предусматриваются следующие мероприятия по энергосбережению:

- применение минераловатных теплоизоляционных плит марки «Технониколь» в конструкции стены и покрытия;
- применение экструдированного пенополистирола в конструкции пола;
- размещение шкафов электропитания в центре электрических нагрузок;
- выбор сечения кабелей, удовлетворяющих требованиям по допустимой потере напряжения и прокладка по кратчайшим путям;
- применение энергоэффективного энергооборудования;
- для электроосвещения всех помещений объекта, включая наружное освещение, применены современные энергосберегающие источники – светодиодные светильники, технические свойства которых позволяют увеличить световую отдачу осветительного оборудования при потреблении меньшей мощности, что способствует уменьшению их количества и потребляемой электроэнергии;
- в тепловом узле предусматривается контроль параметров теплоносителя, с установкой необходимых гидравлических регуляторов температуры;

- температура воздуха в помещениях детского сада в зимнее время регулируется индивидуально, на каждом радиаторе установлен термостатический регулятор температуры;
- тепловая изоляция магистральных трубопроводов системы отопления и теплоснабжения;
- установка экономичного и энергоэффективного оборудования, соответствующего требованиям государственных стандартов и других нормативных документов.

Распределительные сети выполняются кабелем ВВГнг(А)-LSLTx, прокладываемым открыто на скобах, в кабель-канале, за подвесными потолками коридоров, в гладких жестких ПВХ трубах по стояку. Групповые сети выполняются кабелем ВВГнг(А)-LSLTx, прокладываемым открыто на скобах по коридорам и техническим помещениям, скрыто под слоем штукатурки по помещениям, в кабель-канале, за подвесными потолками. Распределительные и групповые сети к электроприемникам СПЗ выполняются кабелем ВВГнг(А)-FRLSLTx. Контрольные цепи выполняются кабелем КВВГнг(А)-LSLTx (управление вытяжной и приточной вентиляцией), прокладываемым открыто на скобах, скрыто под штукатуркой и в гладких жестких ПВХ трубах по стояку. Наружное освещение выполняется светильниками со светодиодными лампами типа GALAXY LED 55 (W) 4000K мощностью 55 Вт со степенью защиты IP65, устанавливаемыми на кронштейнах на ЖБ опорах типа СЦ -0,65-8.

Выводы по разделу.

Определены основные мероприятия по обеспечению энергетической эффективности здания детского сада. Определены требования к теплозащитной оболочке здания и к основному оборудованию здания при вводе его в эксплуатацию. В качестве основных мероприятий по электросбережению выбраны:

- размещение шкафов электропитания по возможности ближе к центру электрических нагрузок;

- выбор сечения кабелей, удовлетворяющих требованиям по допустимой потере напряжения и прокладка по кратчайшим путям;
- применение энергоэффективного энергооборудования;
- для электроосвещения всех помещений объекта, включая наружное освещение, применены современные энергосберегающие источники – светодиодные светильники, технические свойства которых позволяют увеличить световую отдачу осветительного оборудования при потреблении меньшей мощности, что способствует уменьшению их количества и потребляемой электроэнергии.

Наружное освещение выполняется светильниками со светодиодными лампами типа GALAXY LED 55 (W) 4000K мощностью 55 Вт со степенью защиты IP65, устанавливаемыми на кронштейнах на ЖБ опорах типа СЦ -0,65-8.

## Заключение

Целью бакалаврской работы являлась разработка энергоэффективной системы электроснабжения электроприемников вновь строящегося дошкольного образовательного учреждения.

Выполнен расчётных электрических нагрузок здания детского сада. Суммарная расчётная нагрузка на шинах ВРУ с учетом противопожарных устройств составила 109 кВт. Для электроснабжения потребителей первой категории электроснабжения: аварийное освещение, охранная и пожарная сигнализация, проектом предусмотрена установка панели с автоматическим вводом резерва ППУ. Для электропотребителей первой категории надёжности дополнительно предусматриваются независимые источники питания (ИБП), обеспечивающие автономную работу электроприёмников на время аварийной ситуации. При исчезновении напряжения на основном (рабочем) вводе 1 ВРУ детского сада осуществляется вручную запуск ДГУ и переключение на резервный (аварийный) ввод 2 ВРУ.

Для распределения электроэнергии в проекте используются распределительные щиты серии ЩРН.

Защита групповых и распределительных линий от токов перегрузки и токов короткого замыкания выполнена модульными автоматическими выключателями ВА47-29 с комбинированными расцепителями и дифференциальными автоматами АВДТ 32М, установленными в щитах.

Питание щитов спроектировано от вводно-распределительных устройств по смешанной схеме.

Распределительные и групповые сети выполняются кабелем ВВГнг(А)-LSLTx, прокладываемым открыто на скобах, в кабель-канале, за подвесными потолками коридоров.

Молниезащита осуществляется путем установки молниеприемной сетки на кровле с шагом не более 10×10 м.

Выполнен контур заземления здания, состоящий из горизонтального заземлителя полосой 40×4 мм. Система заземления здания принята TN-C-S.

Выбраны автоматические выключатели и проводники для групповых электрических сетей и для отдельных электроприемников.

Определены расчетные нагрузки электроосвещения по детскому саду, которые для рабочего освещения составили 14,8 кВт, а для аварийного освещения 4,2 кВт.

Для общего освещения коридоров и помещений в основном используются светодиодные светильники. Выполнен расчет освещения по методу удельной мощности и коэффициента использования.

Определены основные мероприятия по обеспечению энергетической эффективности здания детского сада. Определены требования к теплозащитной оболочке здания и к основному оборудованию здания при вводе его в эксплуатацию. В качестве основных мероприятий по электросбережению выбраны:

- размещение шкафов электропитания по возможности ближе к центру электрических нагрузок;
- выбор сечения кабелей, удовлетворяющих требованиям по допустимой потере напряжения и прокладка по кратчайшим путям;
- применение энергоэффективного энергооборудования;
- для электроосвещения всех помещений объекта, включая наружное освещение, применены современные энергосберегающие источники – светодиодные светильники, технические свойства которых позволяют увеличить световую отдачу осветительного оборудования при потреблении меньшей мощности, что способствует уменьшению их количества и потребляемой электроэнергии.

Наружное освещение выполняется светильниками со светодиодными лампами типа GALAXY LED 55 (W) 4000K мощностью 55 Вт со степенью защиты IP65, устанавливаемыми на кронштейнах на ЖБ опорах типа СЦ -0,65-8.

## Список используемой литературы

1. Алиев И.И. Электротехника и электрооборудование : учебное пособие для вузов. Саратов: Вузовское образование, 2014. 1199 с.
2. Антонов С.Н. Проектирование электроэнергетических систем : учебное пособие. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2014. 104 с.
3. Анчарова Т. В., Рашевская М.А., Стебунова. Е.Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений : учебник , 2-е изд., перераб. и доп. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2018. 415 с. URL: <http://znanium.com/catalog/product/982211> (дата обращения 03.02.2023).
4. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Системы электроснабжения : электронное учеб.-метод. пособие. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. 46 с. URL: [https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/2943/1/Vahnina%20Chernenko\\_EUMI\\_Z.pdf](https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/2943/1/Vahnina%20Chernenko_EUMI_Z.pdf) (дата обращения: 23.12.2022).
5. Гальперин М.В. Электротехника и электроника : учебник, 2-е изд. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. 480 с.
6. Данилов М.И. Романенко И.Г. Инженерные системы зданий и сооружений (электроснабжение с основами электротехники) [Электронный ресурс] : учебное пособие (курс лекций). Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. 223 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/63087.html> (дата обращения: 05.02.2023).
7. Комков В.А., Тимахова Н.С. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве: учебное пособие, 2-е изд. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 204 с.
8. Кудряков А.Г., Сазыкин В.Г. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах : учебник. Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. 263 с.

9. Мастепаненко М.А. Введение в специальность. Электроэнергетика и электротехника : учеб. пособие. Ставрополь : СтГАУ, 2015. 116 с.
10. Матаев У.М. Практикум по электроэнергетике (в примерах с решениями) : учебное пособие. Алматы: Нур-Принт, Казахский национальный аграрный университет, 2014. 195 с.
11. Ополева Г. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов : учеб. пособие. М. : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2019. 416 с. URL: <http://znanium.com/catalog/product/1003805> (дата обращения 15.12.2022).
12. СП 31-110-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. М.: Госстрой РФ, 2003.
13. Старкова Л.Е. Справочник цехового энергетика : учебно-практическое пособие. М. : Инфра-Инженерия, 2013. 352 с.
14. Ушаков В.Я. Современные проблемы электроэнергетики [Электронный ресурс] : учебное пособие. Томск: Томский политехнический университет, 2014. 447 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/34715.html> (дата обращения: 15.01.2023).
15. Ушаков В.Я., Чубик П.С. Потенциал энергосбережения и его реализация на предприятиях ТЭК: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2015. 388 с.
16. Хорольский В.Я., Таранов М.А., Жданов В.Г. Организация и управление деятельностью электросетевых предприятий: учебное пособие. М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. 144 с.
17. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению : учеб. пособие. 3-е изд. М. : ИНФРА-М, 2019. 136 с. URL: <http://znanium.com/catalog/product/1000152> (дата обращения: 08.02.2023).
18. Bogdanov D., Farfan J., Sadovskaia K., Aghahosseini A., Child M., Gulagi A., Oyewo A.S., de Souza Noel Simas Barbosa L., Breyer C. Radical

transformation pathway towards sustainable electricity via evolutionary steps // Nature Communications. 2019, №10 (1), p.p. 1077-1080.

19. Hickey R.B., Robert B. Electrical Engineer's Portable Handbook. USA: McGraw-Hill Companies, 2012. 575 p.

20. Li G., Li G., Zhou M. Model and application of renewable energy accommodation capacity calculation considering utilization level of inter-provincial tie-line // Protection and Control of Modern Power Systems. 2019. №4 (1). p.p. 18-23.

21. Qiu L., Ouyang Y., Feng Y., Zhang X. Review on micro/nano phase change materials for solar thermal applications // Renewable Energy. 2019. №14, pp. 513-538.

22. Surya S., Wayne Beaty H. Standard Handbook for Electrical Engineers, Seventeenth Edition. - McGraw Hill Professional, 2017. 368 p.