

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 блока начальной школы на 400 мест

Обучающийся

Р.Н. Кандаков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

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

Тольятти 2022

## Аннотация

Бакалаврская работа направлена на разработку мероприятий по электроснабжению блока начальной школы на 400 мест в г. Абинск.

Дана характеристика образовательного учреждения. Определены существующие точки подключения для электроснабжения потребителей объекта. Определены группы электроприемников, относящихся к первой категории электроснабжения. Выбраны вводные и распределительные устройства, устанавливаемые в электрощитовой здания проектируемой школы. Для выполнения требований по электроснабжению потребителей 1 категории предусмотрена установка щита с устройством АВР. Произведён расчёт нагрузок по методу коэффициента спроса. Расчётная электрическая нагрузка составила 265 кВт, а с учётом нагрузки уже существующего здания школы 100 кВт, суммарная расчетная мощность составит 365 кВт.

Рассмотрены вопросы организации системы заземления и молниезащиты здания, предусмотрена система уравнивания потенциалов. Выбраны типы проводников для силовых распределительных сетей и групповых распределительных сетей. В системе освещения используются светодиодные светильники и светильники с компактными люминесцентными лампами. В системе искусственного освещения предусмотрено рабочее, аварийное и ремонтное освещение. В программе Dialux Light произведён выбор количества светильников для каждого из помещений и расчёт уровня освещённости на рабочей поверхности.

Произведён выбор параметров наружной сети электроснабжения, а также расчёт системы внешнего освещения здания.

Бакалаврская работа состоит из записки объемом 48 страниц печатного текста и графической части, выполненной на шести листах формата А1.

## Содержание

Введение.....	4
1 Система внутреннего электроснабжения и электроосвещения здания.....	7
1.1 Определение расчетной мощности электроприемников .....	8
1.2 Выбор решений по обеспечению электроэнергией электроприемников .....	12
1.3 Заземление и молниезащита здания.....	14
1.3.1 Заземление .....	14
1.3.2 Молниезащита.....	15
1.3.3 Уравнивание потенциалов .....	16
1.4 Выбор типов проводников .....	18
1.5 Определение параметров системы рабочего и аварийного освещения	19
2 Наружные сети электроснабжения и электроосвещения.....	32
2.1 Мощность объекта и общие вопросы внешнего электроснабжения .....	32
2.2 Мероприятия по заземлению (занулению) и молниезащите внешних сетей.....	36
2.3 Выбор типа, класса проводов и осветительной арматуры.....	37
2.4 Резервирование электроэнергии.....	42
Заключение .....	44
Список используемой литературы .....	46

## Введение

Строительство блока начальной школы на 400 мест планируется на территории МАОУ СОШ N4, расположенной по адресу: город Абинск, улица Тищенко, дом 82.

На рисунке 1 представлена территория строительства блока начальной школы на 400 мест.

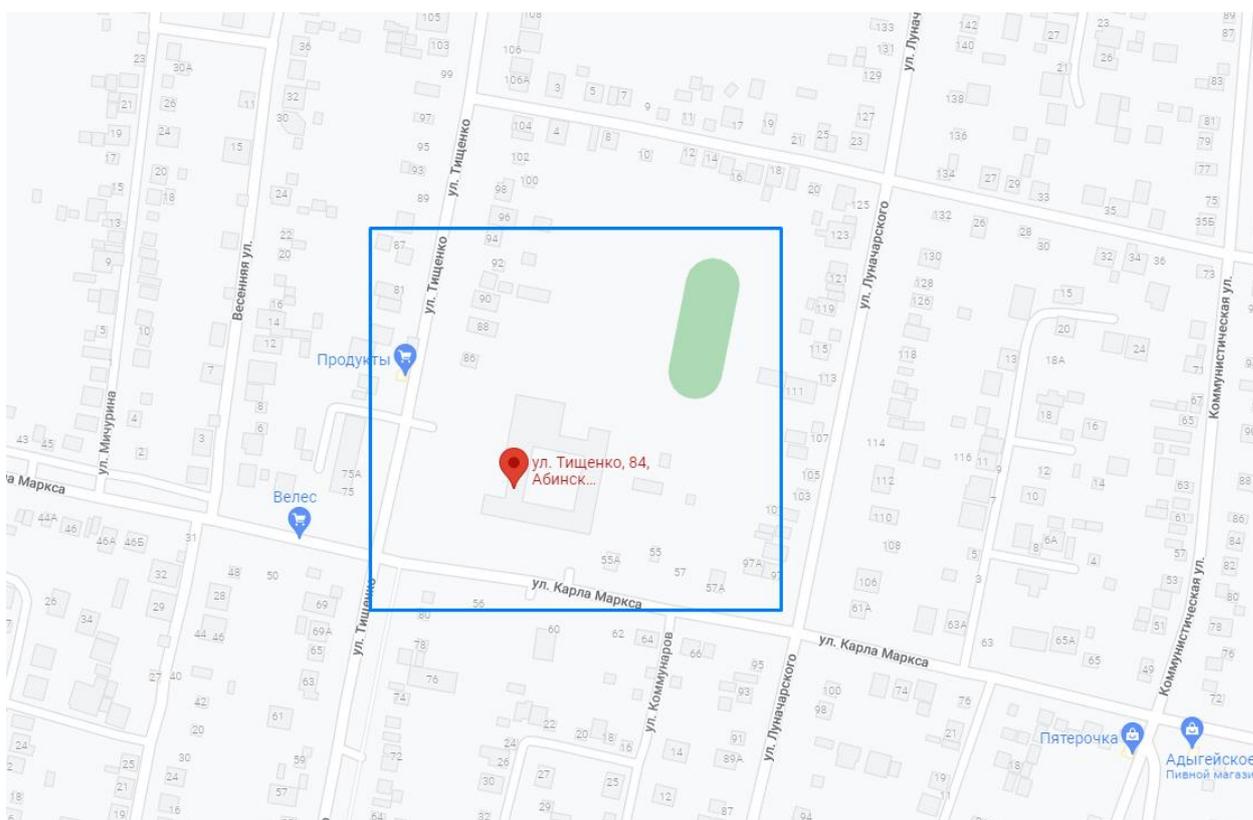


Рисунок 1 - Планируемое место расположения блока начальной школы на 400 мест

Основной источник питания: ПС35/6 кВ «Абинская». Резервный источник питания: ПС35/6 кВ «Электроаппарат».

Точками подключения для электроснабжения потребителей объекта являются 1, 2 секция шин РУ-0,4 кВ проектируемой 2БКТП 630 - 6/0,4. На фасаде корпуса 2БКТП 630 - 6/0,4 устанавливается ВРУ-0,4 кВ с перекидным рубильником.

Питание проектируемого объекта осуществляется от разных секций шин

проектируемого ВРУ-0,4 кВ двумя взаиморезервируемыми кабельными линиями к электрощитовой (ВУ1) МАОУ СОШ N4.

Питание существующей школы осуществляется от разных секций шин проектируемого ВРУ-0,4 кВ двумя взаиморезервируемыми кабельными линиями к электрощитовой (ВРУ3) МАОУ СОШ N4.

Категория надежности электроснабжения проектируемого объекта согласно исходным данным II категория электроснабжения  $P_p=365,29$  кВт, в том числе существующая мощность 100 кВт.

I категория электроприемников обеспечивается установкой в электрощитовой АВР (ВУ2).

Проектируемое учреждение предоставляет педагогические услуги по начальному общему образованию детей в соответствии с образовательной программой.

Режим работы школы:

- 5 рабочих дней в неделю, обучение в одну смену;
- группа продленного дня, дополнительное образование учащихся - 5 рабочих дней в неделю во вторую смену.

Наполняемость классов в соответствии с технологическим заданием – по 25 человек.

Число параллелей - 4, количество классов - 16.

Обучение в одну смену.

Проектируемая школа представляет собой трёхэтажное; здание сложной формы, размерами в осях 90900×24800 мм.

«В отдельный блок выделены учебные помещения первых классов, размещенные на первом этаже здания. В составе выделенного блока первых классов проектируются:

- вход с территории школьного участка;
- коридор с гардеробами и санузлами. В гардеробах установлены гардеробные стойки с ячейками для хранения сменной обуви, скамейки;
- учебные кабинеты первых классов» [3];

- санузлы для учащихся и преподавателей, помещение для хранения, очистки и сушки уборочного инвентаря;

- помещения для групп продленного дня - игровые комнаты для детей, посещающих группу продленного дня.

Подготовка уроков первоклассников, посещающих группу продленного дня, производится в одном из учебных кабинетов для первого класса.

«На первом этаже здания проектируются:

- помещения входной группы: охраны, гардеробы для учеников вторых - четвертых классов (12 шт.), гардероб для учителей, санузел для МГН;
- медицинский блок;
- столовая, работающая на сырье;
- административные помещения - кабинеты директора, заместителя директора по УВР, канцелярия.

На втором этаже начальной школы проектом предусматриваются:

- учебные кабинеты для вторых и третьих классов (на 200 учащихся), иностранных языков (1 шт.);
- спортивный блок;
- актовый зал с подсобным помещением;
- кабинет информатики и ИКТ» [3];
- универсальное помещение для групп продленного дня для учащихся 2-4 классов (для индивидуальных занятий со школьниками на 8 учеников);
- «помещения вспомогательного назначения: венткамера, коммутационный узел, санузлы, в том числе и для МГН, помещение для хранения, очистки и сушки уборочного инвентаря.

На третьем этаже школы размещаются:

- учебные кабинеты четвертых классов (100 учеников)» [3].

Цель ВКР - создание надежной, безопасной и экономичной системы электроснабжения блока начальной школы на 400 мест.

## **1 Система внутреннего электроснабжения и электроосвещения здания**

«В проекте принята система электропитания 380/220В с глухозаземленной нейтралью трансформаторов, с системой заземления TN-C-S.

Групповые и распределительные сети выполнены по трех и пятипроводной системе с выделенными нулевыми рабочими (N) и нулевыми защитными (PE) проводниками» [1].

«Для распределения электроэнергии предусмотрены вводные и распределительные устройства ВУ1, ВУ2, РП1, РП2, ППУ, ВРУст, установленные в электрощитовой здания проектируемой школы.

Степень защиты корпусов всех шкафов не ниже IP44.

На границе балансовой принадлежности предусмотрен учет потребления активно- реактивной электроэнергии с использованием электронных счетчиков прямого и трансформаторного включения. Счетчики приняты типа Меркурий-230 ART-03 с возможностью включения в систему АСКУЭ.

Отходящие линии защищены автоматическими выключателями с защитой от перегрузки и токов короткого замыкания. Автоматические выключатели на отходящих линиях электроприёмников систем общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха приняты с независимыми расцепителями для использования их в схеме отключения при пожаре» [2, 3].

Для электроснабжения электроприемников I категории в электрощитовой выполняется самостоятельный щит с устройством АВР (ВУ2) с панелью ППУ.

## 1.1 Определение расчетной мощности электроприемников

Основными электроприемниками являются:

- рабочее, аварийное (эвакуационное) освещение;
- оборудование инженерных систем ОВ, ВК, ТХ;
- лифт,
- электрооборудование технических помещений.

Расчет нагрузок выполнен методом коэффициентов спроса согласно СП256.1325800.2016.

«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» [1].

«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)» [1].

«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].

$$P_p = 0,95 \cdot ((58,08 + 9,90) + 10,03 + 0,4 \cdot (20,97 + 3,66 + 2,60) + 108,88 + 42,03 + 6,5 + 10,3 + 4 + 5 + 1,36 + 12,29) = 265,29 \text{ кВт.}$$

В таблице 1 приведены результаты расчета нагрузок с перечнем основных потребителей блока начальной школы на 400 мест.

Таблица 1 - Расчет нагрузок с перечнем основных потребителей

Наименование потребителей электроэнергии	Установленная мощность, кВт	Коэффициент мощности	Коэффициент спроса в соответствии с СП 256.1325800.2016	Расчетная мощность, кВт
Системы вентиляции и кондиционирования	46,615	0,85	0,45	20,97
Водопровод, канализация	6,1	0,85	0,6	3,66
Системы противопожарной защиты	31,73	0,85	1	31,73
Системы охранно-пожарной сигнализации, СОУЭ	10,3	0,65	1	10,3
Рабочее освещение	75,43	0,95	0,77	58,08
Аварийное (эвакуационное) освещение	10,03	0,95	1	10,03
Наружное освещение	9,9	0,95	1	9,9
Оборудование пищеблока	194,44	0,98	0,56	108,88
Розеточная сеть	105,08	0,95	0,4	42,03
Щит серверной	5,0	0,65	1	5,0
Щит управления часов и звонка	1,36	0,85	1	1,36
Щит стойки системы видеонаблюдения	4,0	0,85	1	4,0
Лифт	6,50	0,65	1	6,50
ИТП	5,20	0,85	1	2,60
Щит обогрева крови	12,29	1	1	12,29
Существующая школа	100,0	0,95	1	100,0

Установленная электрическая нагрузка составляет:  $P_y=523,97$  кВт.

Расчетная электрическая нагрузка составляет:  $P_p=265,29$  кВт.

С учётом нагрузки существующей школы СОШ№4 (100 кВт), суммарная расчетная мощность составляет – 365,29 кВт.

Электроприемники по степени обеспечения надежности электроснабжения распределяются [4]:

I категория противопожарного оборудования:

- приборы пожарной сигнализации,
- система охранной сигнализации,
- аварийного освещения,
- электроприёмники вентиляции дымоудаления,
- лифт,
- система оповещения эвакуацией при пожаре.

I категория:

- оборудование видеонаблюдения,
- оборудование серверной,
- оборудование часофикации и звонка.

II категория:

- электроприемники рабочего освещения,
- электрооборудование насосной станции,
- электроприемники технологического оборудования,
- электроприемники систем вентиляции и кондиционирования.

III категория:

- наружное освещение территории.

«Надежность электроснабжения обеспечивается подключением взаиморезервируемых кабельных линий к РУ-0,4 ВРУ2 и установкой в электрощитовой панели АВР(ВУ2)» [5].

Качество потребляемой электроэнергии соответствует ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Для поддержания качества электроэнергии проектом

предусматривается питание электроприемников по кабельным линиям расчетного сечения проверенным на допустимые потери напряжения.

## **1.2 Выбор решений по обеспечению электроэнергией электроприемников**

Питание электроприемников ВРУ2-0,4кВ проектируемой МАОУ СОШ №4 в рабочем и аварийном режимах предусматривается от проектируемых двух взаиморезервируемых кабельных линий КЛ-0,4кВ ВРУ1-0,4кВ проектируемой 2БКТП-10(6)/0,4кВ.

Основное электротехническое оборудование, предназначенное для распределения электроэнергии к потребителям, размещается, в помещении 012 электрощитовой расположенной в подвале здания проектируемой школы.

К такому оборудованию относятся вводно-распределительные устройства (ВУ1, РП1, ВУ2, РП2, ППУ, ВУ3, РП3), щит управления наружным освещением (ЩНО), щит систем противодымной вентиляции (ЩВД), щиты освещения (ЩАО1, ЩО1).

Выбор электротехнического оборудования выполнен в соответствии с условиями и характеристикой окружающей среды, в которой оно установлено.

В коридорах на этажах предусмотрены местные щитки рабочего и аварийного освещения, конструктивное исполнение которых (степень защиты IP, категория размещения), соответствует условиям среды, в которой они устанавливаются [5, 6].

В тамбуре помещении 116 распределительные щиты электропитания оборудования пищеблока, щиты рабочего и аварийного освещения устанавливаются на высоте не менее 2 метров.

Отключение систем вентиляции осуществляться по сигналам, формируемым автоматической пожарной сигнализацией, а также при включении систем противодымной вентиляции.

Групповые и распределительные сети выполнены по трех и пятипроводной системе с выделенными нулевыми рабочими (N) и нулевыми защитными (PE) проводниками и прокладываются:

- открыто в поливинилхлоридных трубах и коробах(стояки);
- открыто в металлических лотках (по подвалу);
- открыто в стальных водогазопроводных трубах (по подвалу);
- скрыто под штукатуркой (коридоры, учебные классы, спортивный зал, библиотека, актовый зал, душевые, раздевалки, помещения пищеблока).

Кабели, питающие потребители системы противопожарной защиты, системы автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения, аварийного освещения на путях эвакуации, выбраны огнестойкими нг(А)- (FRLSLTx), сохраняющими работоспособность в условиях пожара в течение 180 минут, и прокладываются отдельно от других кабелей [8, 9].

Установка устройств компенсации реактивной мощности не требуется в соответствии с п.7.3.1 и п.7.3.2 СП256.1325800.2016.

К мероприятиям по экономии электроэнергии относится применение светодиодных светильников LED, которые устанавливаются в следующих помещениях: подвальных, чердачных, лестничных клетках, коридорах, а так же в наружном освещении территории школы.

В классных и учительских кабинетах применяются светильники LED. В подсобных помещениях, раздевальных, душевых, сан. узлах применяются светильники с компактными люминесцентными лампами.

Работа вентиляционного оборудования в разные периоды времени года приводит к экономии электроэнергии. Кондиционирование работает в летний период времени.

В соответствии с техническими условиями на присоединение к электрическим сетям предусматривается установка электронного прибора учета в ВРУ-1. Класс точности не ниже 1,0 [7].

Для учета электроэнергии потребляемой пищеблоком, предусматривается установка электронных приборов учета в вводно-распределительном устройстве ВУЗ. Класс точности не ниже 1,0.

### **1.3 Заземление и молниезащита здания**

В проекте принята система электропитания 380/220В с глухозаземленной нейтралью трансформаторов, с системой заземления TN-C-S.

Для защиты от поражения электрическим током при повреждении изоляции проектом предусматриваются следующие меры:

- защитное заземление (зануление);
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- повторное заземление нулевого проводника на вводе в здание.

#### **1.3.1 Заземление**

Заземляющее устройство защитного заземления и системы молниезащиты здания является общим (согласно ПУЭ п.1.7.55).

Соединения проводников системы заземления должны быть надежными и должны обеспечивать непрерывность электрической цепи. Соединения стальных проводников рекомендуется выполнять посредством сварки (согласно требованиям ГОСТ 5264-80 и ГОСТ 14098-91). Для обеспечения непрерывной и надежной электрической связи длина сварных швов должна быть не менее 60 мм, а высота швов - не менее 5 мм). В помещениях и в наружных установках без агрессивных сред выполнять соединения заземляющих и нулевых защитных проводники способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434 «Соединения контактные электрические. Общие технические требования» ко второму классу соединений. Выполнить защиту от коррозии и механических повреждений всех соединений. Для болтовых соединений должны быть предусмотрены меры против ослабления контакта.

В соответствии с ПУЭ п.1.7.118 изд. 7 у мест ввода заземляющих проводников в здание должен быть предусмотрен опознавательный знак [10].

### **1.3.2 Молниезащита**

«Комплекс средств молниезащиты включает:

- устройство защиты от прямых ударов молнии (внешняя молниезащитная система);
- устройство защиты от вторичных воздействий молнии (внутренняя молниезащитная система).

Внешняя молниезащитная система состоит из молниеприемников, токоотводов и заземляющего устройства здания. Токи молнии, попадающие в молниеприемники, отводятся в заземлитель через систему токоотводов и растекаются в земле» [11].

В соответствии с РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» здание МАУО СОШ №4 относится к III категории молниезащиты.

«В качестве молниеприемника применяется молниеприемная сетка, выполненная из оцинкованной проволоки диаметром 8 мм, уложенной на кровлю сверху с помощью специального держателя фирмы ДКС. Шаг ячеек сетки должен быть не более 10×10 м. Узлы сетки соединены сваркой. Выступающие над крышей металлические элементы (трубы, шахты, вентиляционные устройства) присоединены к молниеприемной сетке, а выступающие неметаллические элементы - оборудованы дополнительными молниеприемниками, также присоединенными к молниеприемной сетке проводниками из стальной проволоки диаметром 8 мм.

В качестве токоотводов используется сталь диаметром 12мм, проложенная по наружным стенам здания к заземляющему устройству под слоем штукатурки до выполнения отделочных работ фасадов. В местах присоединения токоотвода к заземлителю вбить электрод из оцинкованной стали диаметром 18мм длиной 3м. Токоотводы от молниеприемной сетки проложены к заземлителям не реже чем через 20 м по периметру здания. В

качестве заземлителя используется оцинкованная полоса 40×5мм, уложенная в траншею глубиной не менее 0,5м по периметру здания. Расстояние от стен здания не менее 1м. Токоотводы располагать не ближе чем в 3-х метрах от входов или местах, не доступных для прикосновения людей.

Все соединения молниеприемника с токоотводами и токоотводов с заземлителями выполняются сваркой.

Заземляющие устройства защитного заземления электроустановок и молниезащиты здания, общие.

Все соединения молниеприемника с токоотводами и токоотводов с заземлителями выполняются сваркой.

Внутренняя молниезащитная система предназначена для ограничения электромагнитного воздействия тока молнии и предотвращения искрения внутри защищаемого объекта, а также от заноса высокого потенциала извне.

Основными мероприятиями по защите от вторичных воздействий грозовых и коммутационных перенапряжений, а также заноса высокого потенциала, являются:

- присоединение всех металлических (наземных и подземных) коммуникаций на вводе в здание к заземляющему контуру молниезащиты;
- система уравнивания потенциалов» [14].

Заземляющие электроды, заглубленные в грунт выполнены из стали горячего цинкования.

### **1.3.3 Уравнивание потенциалов**

Основная система уравнивания потенциалов предусматривает соединение к ГЗШ между собой следующие проводящие части [12, 13, 15]:

- нулевой защитный РЕ- или PEN- проводник питающей линии в системе TN;
- заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание;

- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т.п. Если трубопровод газоснабжения имеет изолирующую вставку на вводе в здание, к основной системе уравнивания потенциалов присоединяется только та часть трубопровода, которая находится относительно изолирующей вставки со стороны здания;
- металлические части систем вентиляции и кондиционирования;
- заземляющее устройство системы молниезащиты;
- металлические оболочки силовых и телекоммуникационных кабелей.

В качестве ГЗШ принимают шину РЕ главного распределительного щита (ВУ1).

Система дополнительного уравнивания потенциалов (ДСУП) соединяет между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе TN и выполняется в следующих помещениях технического этажа (помещение ИТП, венткамера №1, насосная, душевая персонала), первого этажа (душевая, венткамера, кабинет стоматолога, производственные помещения пищеблока), второго этажа (душевая для мальчиков, душевая для девочек, венткамера, кабинете информатики и ИКТ), третьего этажа (венткамера, серверная, кабинете труда, моделирования и творчества,) чердак (машинное помещение лифта) [16].

Проводники, предназначенные для основной и дополнительной системы уравнивания потенциалов, предусмотрены одножильные с медной многопроволочной токопроводящей жилой, с изоляцией из поливинилхлорида, не распространяющий горение, с низким выделением дыма при тлении, желто/зеленого цвета. Сечение проводников ОСУП не менее 25 мм<sup>2</sup>, ДСУП не менее 4 мм<sup>2</sup>, и прокладываются открыто по конструкциям

здания, открыто в металлических лотках (по подвалу), скрыто под штукатуркой.

#### **1.4 Выбор типов проводников**

Силовые распределительные сети.

Силовые распределительные щиты расположены, на тех же этажах, где размещены присоединенные к ним электроприемники. Присоединяемые к силовым распределительным щитам электроприемники объединены в группы с учетом их технологического назначения. Для питания электроприемников силовые распределительные сети выполняются радиальными, для помещений, насыщенных однотипным оборудованием предусматриваются магистральные схемы питания [17].

Силовые распределительные сети выполняются пятижильными кабелями (для силового электрооборудования, вентиляции, розеточные сети кабелем марки ВВГнг-LSLTx, для пожарной, охранной сигнализации, дымоудаления - ВВГнг-FRLSLTx) расчетных сечений, проложенными в ПВХ трубах, металлических трубах, лотках.

«Групповые распределительные сети.

Групповые линии освещения, розеточные сети выполняются трехжильными кабелями (для светильников рабочего освещения, розеток кабелем марки ВВГнг-LSLTx, для аварийного освещения - ВВГнг-FRLSLTx) расчетных сечений, проложенными в ПВХ трубах за подвесным потолком.

Питание и управление групповой сети освещения осуществляется выключателями, установленными непосредственно в помещениях» [18].

Проектом предусмотрено использование светильников LED и с компактными люминесцентными лампами. Степень защиты светильников соответствует условиям окружающей среды. Класс осветительной арматуры по способу защиты человека от поражения электрическим током в соответствии с п. 1.7.87, п. 6.1.14 ПУЭ.

Электропроводка должна обеспечивать возможность легкого распознавания по всей длине проводников по цветам:

- голубого - для обозначения нулевого рабочего проводника электрической сети;
- двухцветной комбинации зелено-желтого цвета – для обозначения нулевого защитного проводника;
- черного, коричневого, красного, фиолетового, серого, розового, белого, оранжевого, бирюзового цветов - для обозначения фазного провода.

Сечения проводов и кабелей выбраны по максимально допустимому току. Проверены по перегрузке, по потере напряжения и срабатыванию защит при однофазном коротком замыкании. Нулевой рабочий и защитный проводники подключаются в щитах к шинкам N и PE соответственно.

Согласно СП 256.1325800.2016 в школах в помещениях для пребывания детей выключатели и розетки должны устанавливаться на высоте 1,8м от уровня пола.

## **1.5 Определение параметров системы рабочего и аварийного освещения**

Проектом предусматриваются следующие виды освещения [20]:

- рабочее;
- аварийное;
- ремонтное.

Аварийное освещение подразделяется на резервное освещение, эвакуационное освещение (освещение путей эвакуации, антипаническое освещение).

Питание аварийного освещения осуществляется от панели противопожарных устройств (панель ППУ).

Резервное освещение предусматривается в помещениях: электрощитовых, венткамерах, серверной, в помещении охраны и пожарный пост, в процедурном кабинете, в машинном отделении лифта.

Резервное освещение используется в качестве эвакуационного. Светильники резервного освещения, используемые в качестве эвакуационного освещения, применяются с блоком резервного питания.

Эвакуационное освещение предусматривается в помещениях: коридорах, холлах, вестибюлях, на лестницах, спортивном зале, актовом зале, книгохранилище, читальный зал, раздевальных, в обеденном зале, производственные помещения предприятий общественного питания.

Эвакуационные знаки безопасности постоянного действия устанавливаются [19]:

- над каждым эвакуационным выходом;
- на путях эвакуации, однозначно указывая направления эвакуации;
- для обозначения поста медицинской помощи;
- для обозначения мест размещения первичных средств пожаротушения;
- для обозначения мест размещения средств экстренной связи и других средств, предназначенных для оповещения о чрезвычайной ситуации.

Освещенность на путях эвакуации и в местах оказания (предоставления) услуг для МГН повышена на одну ступень по сравнению с требованиями СП 52.13330.

Входы в школу и указатели пожарных гидрантов должны освещаться светильниками, присоединенными к сети аварийного освещения.

Световые указатели «Выход» следует устанавливать: у выходов из помещений обеденных и актовых залов, у выходов из спортзала, у выходов из коридоров, вдоль коридоров более 25м. Световые указатели «Выход» должны быть присоединены к сети аварийного освещения.

Световые указатели «Выход» применяются с блоком резервного питания. Продолжительность работы эвакуационных знаков безопасности не менее 1 ч. Проверка работоспособности светильников аварийного освещения

на путях эвакуации с автономными источниками питания осуществляется индивидуальной кнопкой «Тест» на светильниках.

Антипаническое освещение необходимо для предотвращения паники и обеспечение условий для безопасного подхода к путям эвакуации и предусматривается в помещениях площадью более 60 м<sup>2</sup> при одновременном нахождении в нем 30 и более человек, а также в помещениях с постоянным пребыванием маломобильных групп населения.

Антипаническое освещение предусматривается в следующих помещениях [21, 22]:

- обеденном зале;
- учебных классах;
- спортивном зале;
- актовом зале;
- студии танце;
- читальном зале.

Ремонтное освещение реализовано путем установки ЯТП-220/12В (для подключения переносных ремонтных светильников) в помещениях насосных, электрощитовой, венткамерах, лифтовых, а также в помещениях пищеблока. Помещение для приготовления дезинфицирующих растворов оборудовано аварийным освещением.

Сан. узлы, раздевальные и местах с постоянным или временным пребыванием МГН оборудованы аварийным освещением.

Управление рабочим и аварийным освещением в коридорах, рекреациях реализовано удаленным (для управления предусматриваются модульные контакторы), для частичного отключения освещения со звонком на занятие и включение со звонком на перерыв или окончание занятия, а также автоматическими выключателями с групповых щитов.

В кабинетах, учебных классах, управление рабочим освещением обеспечивает включение и отключение светильников группами или рядами по мере изменения естественной освещенности помещений.

Управление аварийным освещением осуществляется: с групповых щитков, местными выключателями, установленными в помещениях. Местные выключатели для управления аварийным освещением устанавливаются в местах не доступных посторонним лицам.

В кладовых (помещения 118, 121, 122), выключатели освещения расположены вне помещений на несгораемых конструкциях и заключены в шкафы с приспособлением для пломбирования.

В остальных помещениях управление освещением осуществляется при помощи местных выключателей [23].

Выключатели устанавливаются на стене со стороны дверной ручки на высоте до 1 м, в помещениях для пребывания детей на высоте 1,8 м от пола. В помещениях санузлов, раздевальной для МГН внутри здания, на высоте не более 1,1 м и не менее 0,85 м от пола и на расстоянии не менее 0,4 м от боковой стены помещения или другой вертикальной плоскости.

Основные показатели освещенности помещений школы согласно СанПиН 2.4.2.2821- 10, СП 251.1325800.2016, СП 52.13330.2016:

- на рабочих столах- 400Лк;
- в кабинетах технического черчения и рисования - 500 Лк;
- в кабинетах информатики на столах - 400 Лк;
- на классной доске - 500 Лк;
- в актовом и спортивных залах (на полу) - 200 Лк;
- в рекреациях (на полу) - 150 Лк;
- кабинеты и комнаты преподавателей – 200 Лк;
- вестибюли и гардеробные уличной одежды – 150 Лк;
- главные лестничные клетки – 100 Лк;
- главные коридоры и проходы – 100 Лк;
- умывальные, уборные – 75 Лк.

Основные показатели освещенности помещений кухонного блока с обеденным залом согласно СП 52.13330.2016:

- обеденный зал – 200 Лк;

- раздаточные, горячие цеха, холодные и заготовительные цеха – 300 Лк;
- моечные кухонной посуды – 200Лк.

Основные показатели освещенности помещений медицинского блока согласно СП 52.13330.2016:

- кабинет врача – 300 Лк;
- процедурный кабинет, прививочный кабинет – 500 Лк;
- кабинет стоматолога – 500Лк.

Типы применяемых светильников:

- ЛЕД-Эффект ТИТАН LE-ССП-15-040-0467-65Д, ЛЕД-Эффект ТИТАН LE-ССП- 15-040-0467-65Д-LE-0274, ЛЕД-Эффект ТАБ II LE-СБУ-54-018-3792-65Д (подвал);
- ЛЕД-Эффект ТИТАН LE-ССП-15-040-0467-65Д) (чердак);
- ЛЕД-Эффект ТАБ II LE-СБУ-54-018-3792-65Д, ЛЕД-Эффект ТАБ II LE-СБУ-54- 018-3792-65Д+LE-4390, ЛЕД-Эффект ТИТАН LE-ССП-15-040-0467-65Д, ЛЕД-Эффект ТИТАН LE-ССП-15-040-0467-65Д-LE-0274, ЛЕД-Эффект ДАУНЛАЙТ LE-СВО-16-022-1182-65Д, ЛЕД-Эффект ДАУНЛАЙТ LE-СВО-16-022-1182-65Д+LE-0274 (для подсобных помещений, влажных помещений, помещений В-Па и др.);
- ЛЕД-Эффект ТАБ II LE-СБУ-54-018-3792-65Д, ЛЕД-Эффект ТАБ II LE-СБУ-54-018-3792-65Д+LE-4390 (для освещения входов в здание);
- ЛЕД-Эффект ОФИС УНИВЕРСАЛ LE-СВО-03-040-2123-20Д, ЛЕД-Эффект ОФИС УНИВЕРСАЛ LE-СВО-03-040-2123-20Д+LE-0274 (для учительских и офисных пом.);
- ЛЕД-Эффект ОФИС СПОРТ LE-СПО-03-040-2219-20Д, ЛЕД-Эффект ОФИС СПОРТ LE-СПО-03-040-2219-20Д+LE-0274 (спорт. залы);

- ЛЕД-Эффект ДАУНЛАЙТ LE-CBO-16-022-1182-65Д, ЛЕД-Эффект ДАУНЛАЙТ LE-CBO-16-022-1182-65Д+LE-0274 (актовый зал);
- ЛЕД-Эффект ОФИС УНИВЕРСАЛ LE-CBO-03-033-2117-20Д, ЛЕД-Эффект ОФИС УНИ-ВЕРСАЛ LE-CBO-03-033-2117-20Д+LE-0274 (коридоры);
- ЛЕД-Эффект ТИТАН LE-ССП-15-040-0467-65Д, ЛЕД-Эффект ТИТАН LE-ССП-15-040-0467-65Д-LE-0274 (лестничные клетки).

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

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

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (5)$$

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]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_n \cdot \eta}, \quad (6)$$

где « $N$  - число светильников;

$n$  - число ламп в светильнике;

$\Phi_n$  - 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]:

$$P_{\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{\text{ил}}, \quad (7)$$

где « $P_{\text{ил}}$  - мощность одной лампы» [13].

Расчеты освещения выполнены в программе Dialux Light, результаты расчетов представлены на рисунках 2-10.

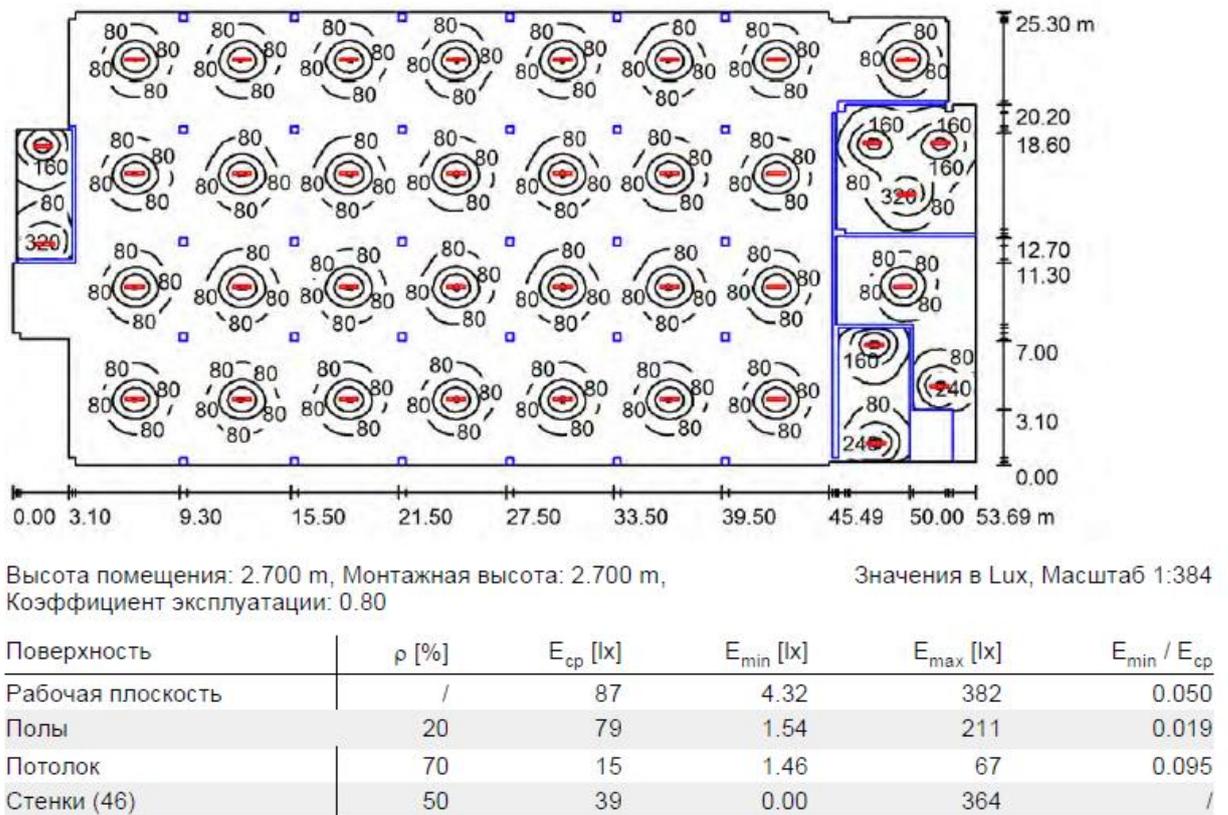
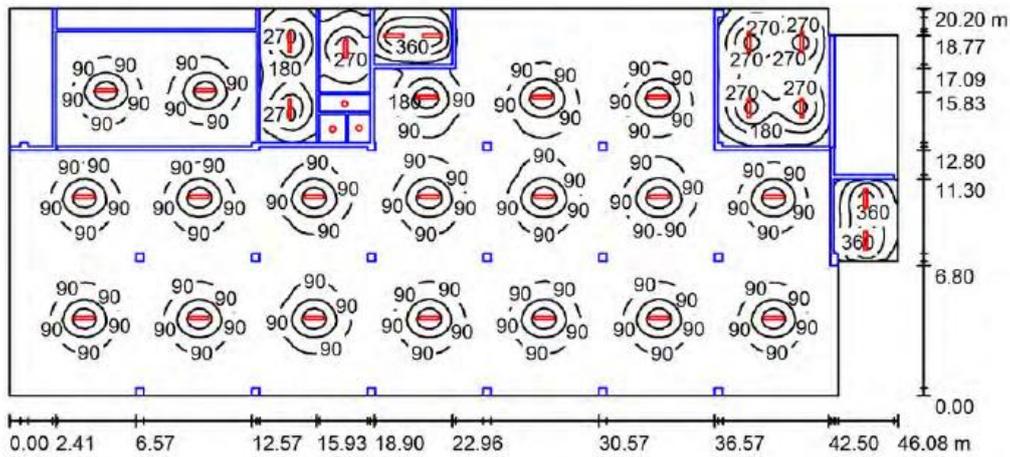


Рисунок 2 – Результаты расчета освещенности в программе Dialux Light в помещении подвала в осях 1/1 - 10

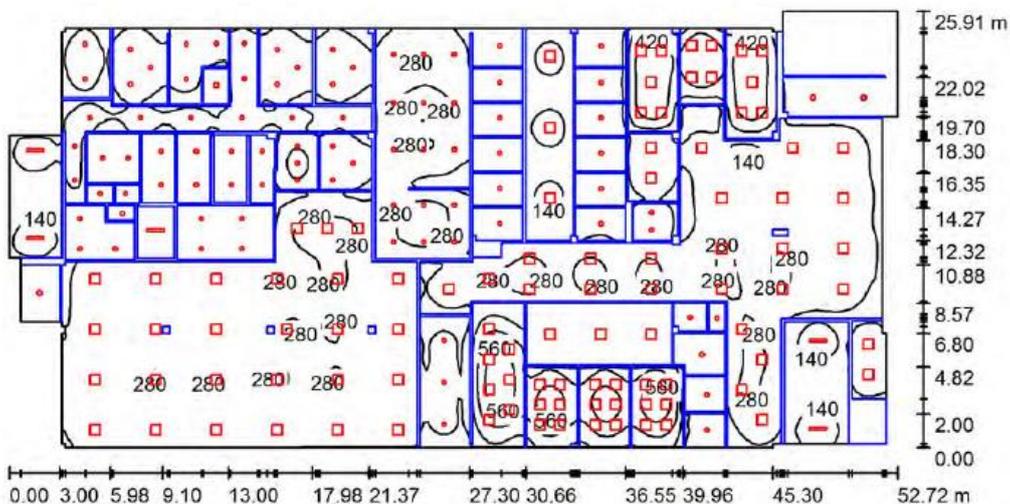


Высота помещения: 2.700 м, Монтажная высота: 2.700 м,  
 Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:330

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Рабочая плоскость	/	91	0.38	444	0.004
Полы	20	79	0.48	279	0.006
Потолок	70	15	0.50	160	0.032
Стенки (8)	50	35	0.35	327	/

Рисунок 3 – Результаты расчета освещенности в программе Dialux Light в помещении подвала в осях 10 – 17/1

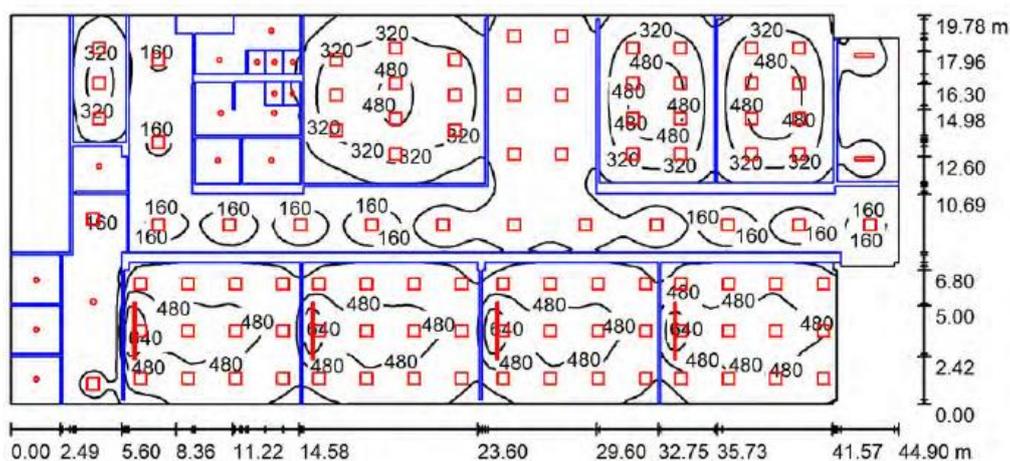


Высота помещения: 3.300 м, Монтажная высота: 3.300 м,  
 Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:377

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Рабочая плоскость	/	218	1.37	670	0.006
Полы	20	162	1.39	487	0.009
Потолок	70	32	1.49	137	0.046
Стенки (31)	50	99	1.78	500	/

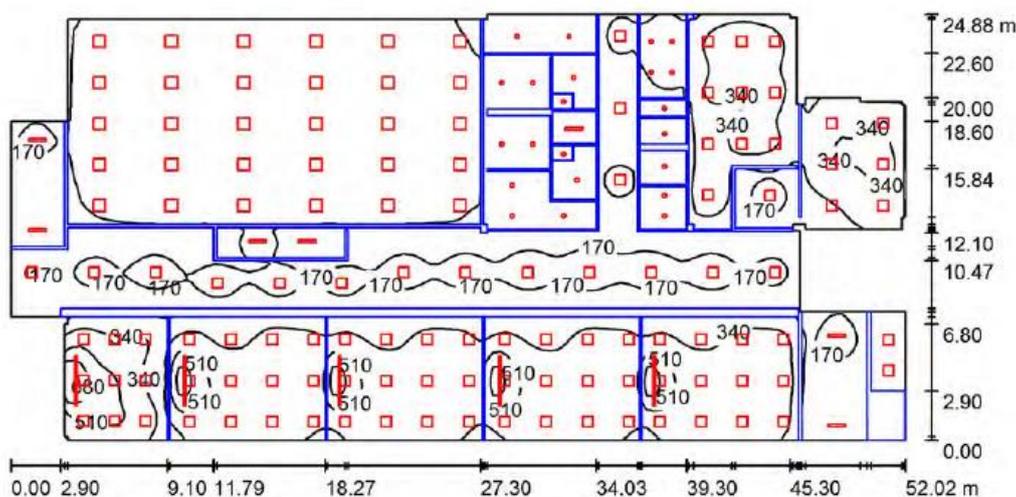
Рисунок 4 – Результаты расчета освещенности в программе Dialux Light на 1 этаже в осях 1/1 – 10



Высота помещения: 3.300 m, Коэффициент эксплуатации: 0.80      Значения в Lux, Масштаб 1:322

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Рабочая плоскость	/	283	1.17	800	0.004
Полы	20	226	1.07	533	0.005
Потолок	70	46	0.91	177	0.020
Стенки (18)	50	134	0.00	832	/

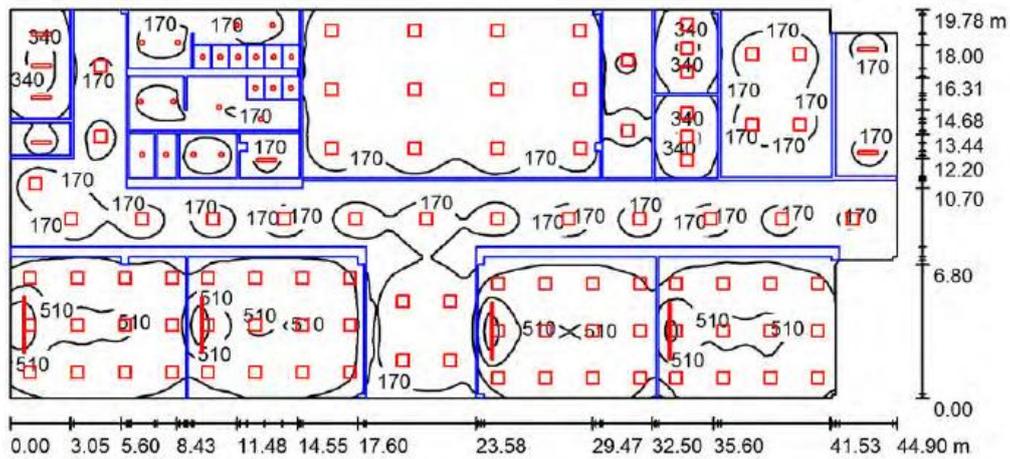
Рисунок 5 – Результаты расчета освещенности в программе Dialux Light на 1 этаже в осях 10 – 17/1



Высота помещения: 6.600 m, Коэффициент эксплуатации: 0.80      Значения в Lux, Масштаб 1:372

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Рабочая плоскость	/	267	30	836	0.110
Полы	20	211	6.07	580	0.029
Потолок	70	43	11	85	0.258
Стенки (35)	50	112	5.00	954	/

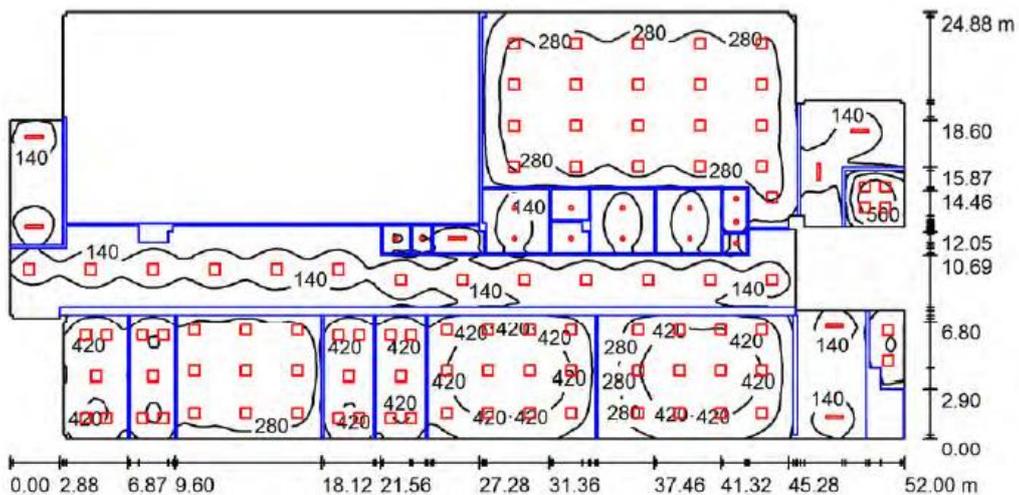
Рисунок 6 – Результаты расчета освещенности в программе Dialux Light на 2 этаже в осях 1/1 – 10



Высота помещения: 3.300 м, Коэффициент эксплуатации: 0.80      Значения в Lux, Масштаб 1:322

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Рабочая плоскость	/	265	39	843	0.146
Полы	20	213	7.96	582	0.037
Потолок	70	45	8.28	190	0.183
Стенки (13)	50	161	19	926	/

Рисунок 7 – Результаты расчета освещенности в программе Dialux Light на 2 этаже в осях 10 – 17/1



Высота помещения: 3.300 м, Монтажная высота: 3.300 м, Коэффициент эксплуатации: 0.80      Значения в Lux, Масштаб 1:372

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Рабочая плоскость	/	192	0.32	687	0.002
Полы	20	155	0.35	454	0.002
Потолок	70	32	0.31	165	0.010
Стенки (38)	50	112	0.00	534	/

Рисунок 8 – Результаты расчета освещенности в программе Dialux Light на 3 этаже в осях 1/1 – 10

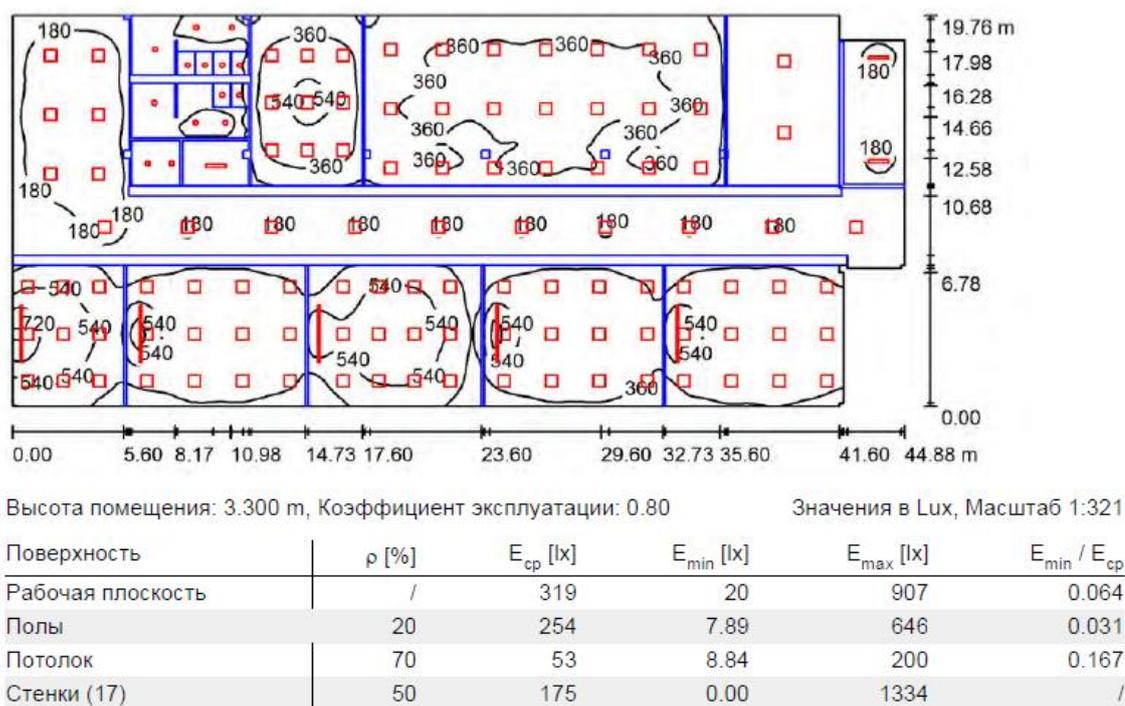


Рисунок 9 – Результаты расчета освещенности в программе Dialux Light на 3 этаже в осях 10 – 17/1

Общее и местное освещение помещений предусматривается с использованием ламп по спектру цветоизлучения: белый, тепло-белый, естественно-белый в соответствии с п. 7.2.2 СанПиН 2.4.2.2821-10.

В пожароопасных помещениях (категории В1, В3, В4) в соответствии с требованиями п. 7.4.32 ПУЭ применяются светильники со степенью защиты не менее IP23.

Светильники расположенные в подвале и на чердаке должны быть запитаны от устройства УЗО, диф.автомата.

Во всех классных комнатах дополнительно на кронштейнах для освещения школьной доски устанавливается 2 светильника ЛЕД-Эффект РИТЕЙЛ ШКОЛЬНИК LE-СБО-14-020-1381-20Д.

Для светильников, установленных в спортивных залах предусматривается установка защитных решеток [24].

Обслуживание светильников с высотой установки до 5м осуществляется со стремянок, свыше 5м - со сборных передвижных конструкций типа вышка-тура.

Тип применяемых светильников указателей «Выход» ДБП73. Места установки указателей «Выход» в коридорах по путям эвакуации и возле выходов из здания школы.

Все групповые осветительные сети, согласно ПУЭ, выполняются пятижильными либо трехжильными проводниками: фазные, нулевой рабочий и нулевой защитный.

Осветительная сеть в помещениях выполняется кабелями напряжением до 1 кВ, с медными многопроволочными жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката (ПВХ) пониженной горючести, в оболочке из поливинилхлоридного пластиката (ПВХ) пониженной горючести, с низким показателем дыма и газовыделения при горении и тлении, низким показателем токсичности продуктов горения, не распространяющие горение при групповой прокладке с прокладкой:

- открыто с креплением скобами;
- скрыто в слое штукатурки;
- по кабельным конструкциям;

Для сети аварийного освещения применяются огнестойкие (FRLSLTx) кабели, сохраняющие работоспособность в условиях пожара в течение 180 минут. Кабели сетей эвакуационного освещения прокладываются отдельно от других кабелей.

Выводы по разделу.

Групповые и распределительные сети выполнены по трех и пятипроводной системе с выделенными нулевыми рабочими (N) и нулевыми защитными (PE) проводниками. Для распределения электроэнергии предусмотрены вводные и распределительные устройства ВУ1, ВУ2, РП1, РП2, ППУ, ВРУст, установленные в электрощитовой здания проектируемой школы. Для электроснабжения электроприемников I категории в электрощитовой выполняется самостоятельный щит с устройством АВР (ВУ2) с панелью ППУ.

Выполнен расчет нагрузок методом коэффициентов спроса согласно СП256.1325800.2016.

Расчетная электрическая нагрузка составляет:  $P_p=265,29$  кВт.

С учётом нагрузки существующей школы СОШ№4 (100 кВт), суммарная расчетная мощность составляет – 365,29 кВт.

Силовые распределительные сети выполняются пятижильными кабелями (для силового электрооборудования, вентиляции, розеточные сети кабелем марки ВВГнг-LSLTx, для пожарной, охранной сигнализации, дымоудаления - ВВГнг-FRLSLTx) расчетных сечений, проложенными в ПВХ трубах, металлических трубах, лотках.

Групповые линии освещения, розеточные сети выполняются трехжильными кабелями (для светильников рабочего освещения, розеток кабелем марки ВВГнг-LSLTx, для аварийного освещения - ВВГнг-FRLSLTx) расчетных сечений, проложенными в ПВХ трубах за подвесным потолком.

Для защиты от поражения электрическим током при повреждении изоляции проектом предусматриваются следующие меры:

- защитное заземление (зануление);
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- повторное заземление нулевого проводника на вводе в здание.

В качестве молниеприемника применяется молниеприемная сетка, выполненная из оцинкованной проволоки диаметром 8 мм, уложенной на кровлю сверху с помощью специального держателя фирмы ДКС.

Расчет освещения выполнен по методу удельной мощности и коэффициента использования в программе Dialux Light. Выбраны различные типы светильников со светодиодными и компактными люминесцентными лампами.

## **2 Наружные сети электроснабжения и электроосвещения**

В проекте принята система электропитания 380/220В, с системой заземления TN-C-S.

Электрические сети выполнены кабельными линиями 0,4 кВ от проектируемого ВРУ1-0,4кВ расположенного на корпусе проектируемой подстанции 2БКТП-10(6)-0,4кВ к электрощитовой (ВРУ2) МАОУ СОШ N4.

«Минимальное расстояние в свету от проектируемых кабелей, проложенных в траншее:

- до фундаментов зданий и сооружений не менее 0,6 м;
- до подземных частей опор освещения не менее 1,0 м;
- при параллельной прокладке по горизонтали до контрольных кабелей и силовых кабелей не менее 500 мм;
- до стволов деревьев не менее 2 м, до кустарников - не менее 0,75 м;
- при параллельной прокладке по горизонтали до трубопроводов, водопровода, канализации и дренажа не менее 0,5 м» [7];
- при пересечении с теплопроводом между стенкой канала теплопровода и проектируемым кабелем расстояние не менее 0,5 м. При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 2 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь теплоизоляцию, такую чтобы температура земли не повышалась более чем на 10°С по отношению к высшей летней температуре и на 15°С по отношению к низшей зимней.

### **2.1 Мощность объекта и общие вопросы внешнего электроснабжения**

Общая установленная мощность проектируемого объекта  $P_u=523,97$  кВт. Общая расчетная мощность проектируемого объекта  $P_p=265,29$  кВт.

Марка и сечение применяемого кабеля от проектируемого ВРУ1-0,4кВ до проектируемой ВРУ2-0,4кВ расположенного в электрощитовой проектируемой школы применяется АВБбШв-2(5х240) мм<sup>2</sup>.

Длина кабеля АВБбШв-2(5х240) мм<sup>2</sup>-2х170м. Труба ДКС d=110мм-25м.

Марка и сечение применяемого кабеля от проектируемого ВРУ1-0,4кВ до существующей ВРУ3-0,4кВ расположенного в электрощитовой существующей школы применяется АВБбШв-5х185 мм<sup>2</sup>.

Длина кабеля АВБбШв-5х185 мм<sup>2</sup>-80м. Труба ДКС d=110мм-15м.

Общая расчетная мощность наружного освещения составляет: P<sub>р</sub>=9,9 кВт.

Кол-во опор ОГК-7-15шт с светильниками ДКУ61-100-002 кол-во светильников - 15шт. Кол-во опор ОГК-12-7 шт с прожекторами ДО16-480-201 кол-во прожекторов - 14шт.

На рисунке 10 представлен общий вид опоры с консольным уличным светильником ДКУ61-100-002.

Кол-во опор «Свирь» SV30-7шт с светильниками ОР-S-100W кол-во светильников -14шт.

Марка и сечение кабеля для прокладки проектируемого наружного освещения АВБбШв- 5х10мм<sup>2</sup>.

Длина кабеля марки АВБбШв-5х10мм<sup>2</sup>-670м. Труба ДКС d=63мм-115м.

Марка кабеля для прокладки внутри опор ВВГ-3х1,5мм<sup>2</sup>.

Протяженность кабельной линии для прокладки внутри опор - 231м.

Электроприемники по степени обеспечения надежности электроснабжения распределяются:

II категория:

- проектируемое здание школы МАОУ СОШN4.

III категория:

- наружное освещение территории.

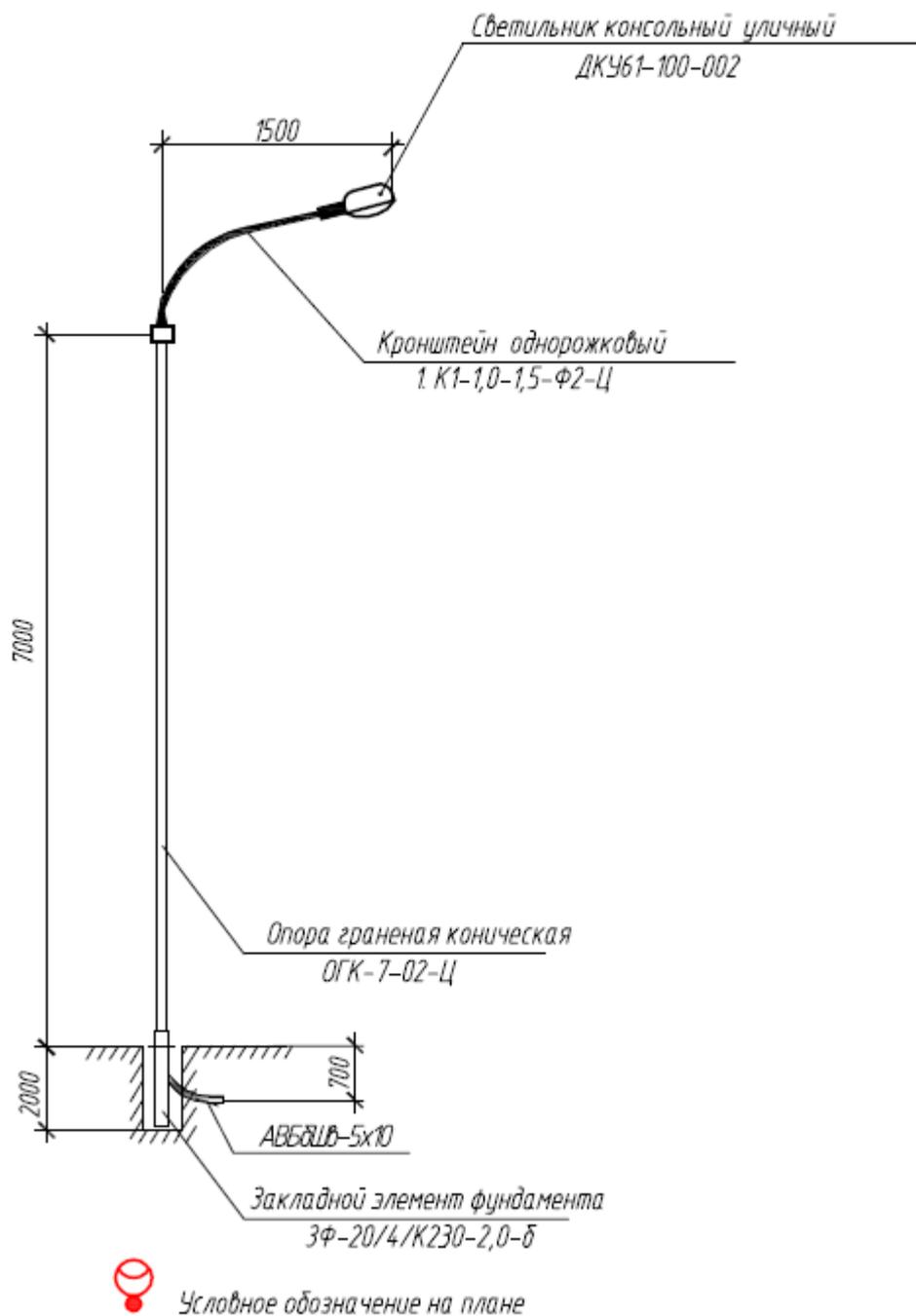


Рисунок 10 - Общий вид опоры с консольным уличным светильником ДКУ61-100-002

Качество потребляемой электроэнергии соответствует ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Для поддержания качества электроэнергии проектом предусматривается питание объекта по кабельным линиям расчетного сечения проверенным на допустимые потери напряжения.

На рисунке 11 представлен общий вид опоры с уличным прожектором ДО16-480-201.

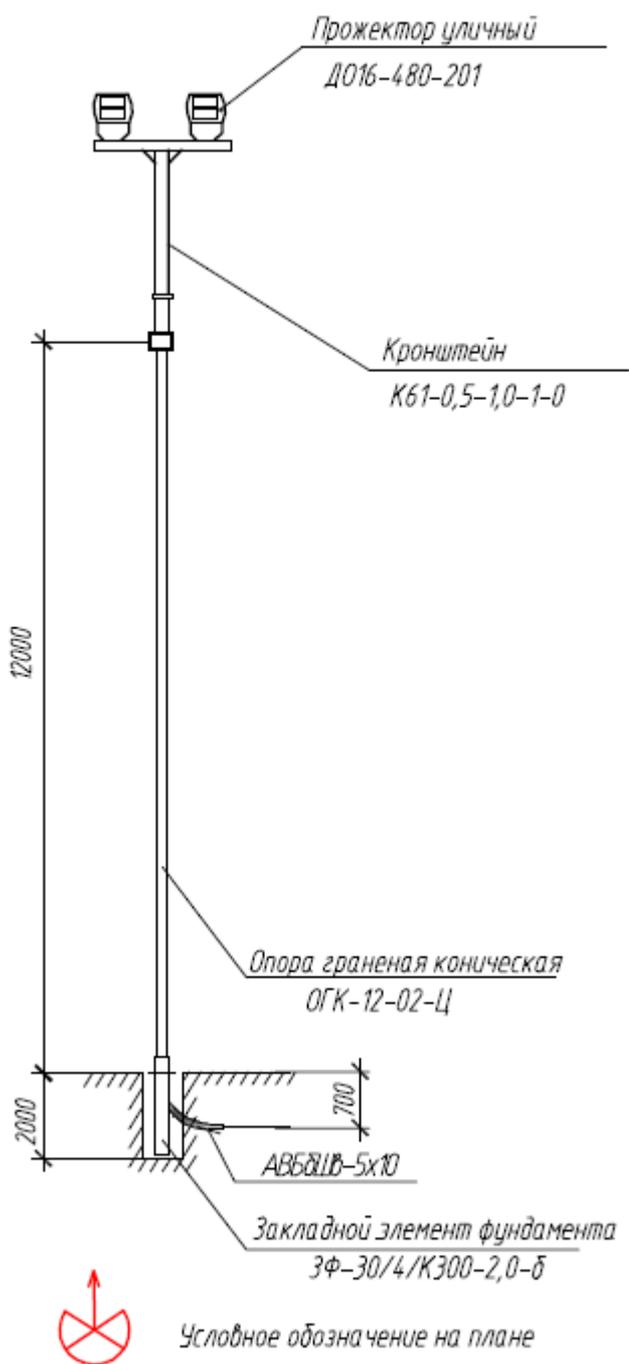


Рисунок 11 - Общий вид опоры с уличным прожектором ДО16-480-201

Питание электроприемников II категории надежности электроснабжения в рабочем и аварийном режиме предусматривается от проектируемого ВРУ1-0,4кВ.

Питание электроприемников наружного освещения предусматривается от щита наружного освещения ЩНО расположенного в электрощитовой здания школы МАОУ СОШN4.

Установка устройств компенсации реактивной мощности не требуется п.7.3.1 и п.7.3.2 СП256.1325800.2016.

Шкаф управления наружным освещением ШНО предназначен для автоматизации процесса. Управления сетями наружного освещения и предусматривает следующие функции:

- включение и отключение осветительной установки в заданные периоды времени по задаваемым программам;
- ручное включение и отключение осветительной установки выключателями, установленными внутри шкафа;
- -ручное включение и отключение осветительной установки выключателями, установленными в помещении охраны на 1 этаже здания школы.

К мероприятиям по экономии электроэнергии относятся:

- применение светильников с LED лампами;
- система автоматического управления освещением.

Установка приборов учета осуществляется в ВРУ1-0,4кВ установленной на корпусе проектируемой 2БКТП-10(6)/0,4 кВ.

## **2.2 Мероприятия по заземлению (занулению) и молниезащите внешних сетей**

В проекте принята система электропитания 380/220В, с системой заземления TN-C-S.

Электроустановки комплекса зданий подлежит защитному заземлению в соответствии с требованиями глав 1.7. 7.1 ПУЭ, СП 256.1325800.2016, СП76.13330.2016.

Для защиты от поражения электрическим током при повреждении изоляции проектом предусматриваются следующие меры:

- защитное заземление (зануление);
- автоматическое отключение питания.

На опорах наружного освещения выполнены заземляющие устройства (в качестве естественных заземлителей используются подземные части опор, предназначенные для повторного заземления, защиты от грозовых перенапряжений, заземления электрооборудования, установленного на опорах. Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4 Ом.

Металлические опоры, металлические конструкции опор должны быть присоединены к РЕ проводнику с помощью гибкого заземляющего проводника.

Соединения проводников системы заземления должны быть надежными и должны обеспечивать непрерывность электрической цепи. Соединения стальных проводников рекомендуется выполнять посредством сварки (согласно требованиям ГОСТ 5264-80 и ГОСТ 14098-91).

### **2.3 Выбор типа, класса проводов и осветительной арматуры**

Сети наружного освещения выполняются кабелями марки АВБбШв расчетных сечений, которые прокладываются в траншее в земле. В двустенных ПНД/ПВД трубах диаметром 63 мм на глубине 0,7-1,0 м от уровня земли, прокладываются в точках пересечения с дорогой и коммуникациями.

- глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки принята 0,7 м, при пересечении дорог - 1 м (ПУЭ 2.3.84);
- кабели должны быть уложены с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных

деформаций самих кабелей и конструкций, по которым они проложены. Укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается;

- кабели должны иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака;
- в соответствии с Техническим циркуляром №16/2007 и ПУЭ п.2.3.86 взаиморезервируемые кабельные линии на всем протяжении трассы прокладывают кабели в одной траншее с перегородкой между ними глиняным кирпичом.

Сечения кабелей выбраны по максимально допустимому току. Проверены по перегрузке, по потере напряжения и срабатыванию защит при однофазном коротком замыкании.

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

- по номинальному напряжению» [4]

$$U_n \geq U_{nc};, \quad (8)$$

- «по номинальному току» [4]

$$I_{np} \geq I_{pa};, \quad (9)$$

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

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)}, \quad (10)$$

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 обратной зависимостью от тока характеристикой.

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

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

$$k_{pn} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск},, \quad (11)$$

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]:

$$t_i > t_{ni},, \quad (12)$$

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

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

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

$$t_{cp} > t_{дон},, \quad (13)$$

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

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

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

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

$$I_{pa} \leq I_{нр} \leq I_{дон},, \quad (14)$$

$$I_2 \leq 1,45 I_{дон},, \quad (15)$$

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

$I_{нр}$  – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$  – допустимы ток кабеля;

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

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

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

Наружное освещение территории школы предусматривается светильниками типа ДКУ61-100-002 LED мощностью 100 Вт, устанавливаемыми на металлических опорах ОКГ- 7-02-Ц, высотой 7,0 с кабельной подводкой питания и прожекторами ДО16-480-201 мощностью 457 Вт, устанавливаемыми на металлических опорах ОКГ-12-02-Ц, высотой 12,0 м с кабельной подводкой питания.

Стойка опоры в нижней части имеет отверстие для монтажа и ревизии электрооборудования и закладных деталей для ввода-вывода кабеля. В основании опор предусмотрена установка металлической коробки с клемником.

Схема заземления наружного освещения принята по системе TN-S. Питающие и распределительные сети наружного освещения приняты кабельными.

Минимальное расстояние в свету от проектируемых кабелей, проложенных в траншее:

- до фундаментов зданий и сооружений не менее 0,6 м;
- до подземных частей опор освещения не менее 1,0 м;
- при параллельной прокладке по горизонтали до контрольных кабелей и силовых кабелей не менее 500 мм;
- до стволов деревьев не менее 2 м, до кустарников - не менее 0,75 м;
- при параллельной прокладке по горизонтали до трубопроводов, водопровода, канализации и дренажа не менее 0,5 м;
- при пересечении с теплопроводом между стенкой канала теплопровода и проектируемым кабелем расстояние не менее 0,5 м.

При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 2 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь теплоизоляцию, такую чтобы температура земли не повышалась более чем на 10°С по отношению к высшей летней температуре и на 15°С по отношению к низшей зимней.

Сечения проводов и кабелей выбраны по максимально допустимому току. Проверены по перегрузке, по потере напряжения и срабатыванию защит при однофазном коротком замыкании.

В соответствии с картами климатического районирования ПУЭ 7 изд. рисунки 2.5.1, 2.5.2, СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» проектируемый объект относится к IV ветровому району, III району по толщине стенки гололеда. Опоры наружного освещения (ОГК-7-02-Ц, ОГК-12-02-Ц) приняты в соответствии с IV ветровым районом.

Установка опор ОКГ-7-02-Ц, высотой 7,0 с кабельной подводкой питания, ОКГ-12-02-Ц, высотой 12,0 с кабельной подводкой питания осуществляется с помощью закладных деталей ЗФ-20/4/К230- 1,5-б, ЗФ-20/4/К230-2,0-б, бетонируется бетоном марки В15 (М200).

Шкаф управления наружным освещением ШНО, который расположен в электрощитовой здания школы предназначен для автоматизации процесса управления сетями наружного освещения и предусматривает следующие функции:

- включение и отключение осветительной установки в заданные периоды времени по задаваемым программам.
- ручное включение и отключение осветительной установки выключателями, установленными внутри шкафа

Освещенность на территории школы на уровне земли не менее 10 лк.

## **2.4 Резервирование электроэнергии**

Резервирование электроэнергии проектируемого объекта здания школы МАОУ СОШN4 осуществляется путем подключения вводного устройства (ВРУ1) двумя кабельными линиями 0,4 кВ от проектируемой 2БКТП-10/0,4кВ. В данном проекте предусмотрена требуемая надёжность электроснабжения и степень резервирования. В вводных и распределительных щитах предусмотрены резервные группы подключения дополнительных в перспективе электроприёмников.

Перечень энергопринимающих устройств аварийной брони: аварийное освещение, пожарная, охранная сигнализация, лифт, вентиляция дымоудаления Величина максимальной мощности аварийной брони  $P_p=58,56$  кВт.

Выводы по разделу.

Электрические сети выполнены кабельными линиями 0,4 кВ от проектируемого ВРУ1-0,4кВ расположенного на корпусе проектируемой подстанции 2БКТП-10(6)-0,4кВ к электрощитовой (ВРУ2) МАОУ СОШ N4.

Марка и сечение применяемого кабеля от проектируемого ВРУ1-0,4кВ до проектируемой ВРУ2-0,4кВ расположенного в электрощитовой проектируемой школы применяется АВБбШв-2(5x240) мм<sup>2</sup>.

Марка и сечение применяемого кабеля от проектируемого ВРУ1-0,4кВ до существующей ВРУ3-0,4кВ расположенного в электрощитовой существующей школы применяется АВБбШв-5x185 мм<sup>2</sup>.

Для наружного освещения выбраны консольные уличные светильники ДКУ61-100-002 и прожектора ДО16-480-201. Сети наружного освещения выполняются кабелями марки АВБбШв расчетных сечений, которые прокладываются в траншее в земле. Сечения кабелей выбраны по максимально допустимому току. Проверены по перегрузке, по потере напряжения и срабатыванию защит при однофазном коротком замыкании.

Питание электроприемников наружного освещения предусматривается от щита наружного освещения ЩНО расположенного в электрощитовой здания школы МАОУ СОШ N4.

## Заключение

Цель ВКР заключалась в создании надежной, безопасной и экономичной системы электроснабжения блока начальной школы на 400 мест

Групповые и распределительные сети выполнены по трех и пятипроводной системе с выделенными нулевыми рабочими (N) и нулевыми защитными (PE) проводниками. Для распределения электроэнергии предусмотрены вводные и распределительные устройства ВУ1, ВУ2, РП1, РП2, ППУ, ВРУст, установленные в электрощитовой здания проектируемой школы. Для электроснабжения электроприемников I категории в электрощитовой выполняется самостоятельный щит с устройством АВР (ВУ2) с панелью ППУ.

Выполнен расчет нагрузок методом коэффициентов спроса согласно СП256.1325800.2016.

Расчетная электрическая нагрузка составляет:  $P_p=265,29$  кВт.

С учётом нагрузки существующей школы СОШ№4 (100 кВт), суммарная расчетная мощность составляет – 365,29 кВт.

Силовые распределительные сети выполняются пятижильными кабелями (для силового электрооборудования, вентиляции, розеточные сети кабелем марки ВВГнг-LSLTx, для пожарной, охранной сигнализации, дымоудаления - ВВГнг-FRLSLTx) расчетных сечений, проложенными в ПВХ трубах, металлических трубах, лотках.

Групповые линии освещения, розеточные сети выполняются трехжильными кабелями (для светильников рабочего освещения, розеток кабелем марки ВВГнг-LSLTx, для аварийного освещения - ВВГнг-FRLSLTx) расчетных сечений, проложенными в ПВХ трубах за подвесным потолком.

Для защиты от поражения электрическим током при повреждении изоляции проектом предусматриваются следующие меры:

- защитное заземление (зануление);
- автоматическое отключение питания;

- уравнивание потенциалов;
- повторное заземление нулевого проводника на вводе в здание.

В качестве молниеприемника применяется молниеприемная сетка, выполненная из оцинкованной проволоки диаметром 8 мм, уложенной на кровлю сверху с помощью специального держателя фирмы ДКС.

Расчет освещения выполнен по методу удельной мощности и коэффициента использования в программе Dialux Light. Выбраны различные типы светильников со светодиодными и компактными люминисцентными лампами.

Электрические сети выполнены кабельными линиями 0,4 кВ от проектируемого ВРУ1-0,4кВ расположенного на корпусе проектируемой подстанции 2БКТП-10(6)-0,4кВ к электрощитовой (ВРУ2) МАОУ СОШ N4.

Марка и сечение применяемого кабеля от проектируемого ВРУ1-0,4кВ до проектируемой ВРУ2-0,4кВ расположенного в электрощитовой проектируемой школы применяется АВБбШв-2(5х240) мм<sup>2</sup>.

Марка и сечение применяемого кабеля от проектируемого ВРУ1-0,4кВ до существующей ВРУ3-0,4кВ расположенного в электрощитовой существующей школы применяется АВБбШв-5х185 мм<sup>2</sup>.

Для наружного освещения выбраны консольные уличные светильники ДКУ61-100-002 и прожектора ДО16-480-201. Сети наружного освещения выполняются кабелями марки АВБбШв расчетных сечений, которые прокладываются в траншее в земле. Сечения кабелей выбраны по максимально допустимому току. Проверены по перегрузке, по потере напряжения и срабатыванию защит при однофазном коротком замыкании.

Питание электроприемников наружного освещения предусматривается от щита наружного освещения ЩНО расположенного в электрощитовой здания школы МАОУ СОШ N4.

## Список используемой литературы

1. Данилов Г.А., Денчик Ю.М., Иванов М.Н., Ситников Г.В. Повышение качества функционирования линий электропередачи: монография. 3-е изд. Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2019. 558 с.
2. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. М.: НЦ ЭНАС. 2009. 456 с.
3. Завьялов В.М., Кладиев С.Н., Семенов С.М. Электроснабжение потребителей и режимы. Учебно-методическое пособие; Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. 122 с.
4. Иванов А.С. Электроснабжение: практикум для студентов, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2020. 116 с.
5. Кудрин Б.И. Электроснабжения промышленных предприятий. М.: Интернет Инжиниринг, 2006. 670 с.
6. Куксин А. В. Электроснабжение промышленных предприятий: учебное пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 156 с.
7. Лыкин А.В. Электроснабжение и повышение энергетической эффективности в электрических сетях. Новосибирск: НГТУ, 2013. 115 с.
8. Марченко А.Л. Электротехника: учебное пособие. Москва: ИНФРА-М, 2022. 236 с.
9. Нормы технологического проектирования. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Тяжпромэлектропроект, 1994. 69 с.
10. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2020. 416 с.
11. Плащанский Л.А. Электрооборудование подстанций и осветительные сети предприятий, организаций и учреждений: учебное пособие. Москва: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. 180 с.

12. Поливода Ф.А. Надежность систем теплоснабжения городов и предприятий легкой промышленности: учебник. Москва: ИНФРА-М, 2021. 170 с.
13. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. СПб.: Проспект, 2019. 240 с.
14. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого издания с изменениями и дополнениями. М.: Норматика, 2021. 464 с.
15. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбор электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-97. М.: НЦ ЭНАС. 2002. 149 с.
16. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». СПб.: ЦОТПБСП. 2003. 28 с.
17. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электро-вычислительным машинам и организация работы». СПб.: ЦОТПБСП. 2003. 56 с.
18. Свод правил СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. М., 2011. 74 с.
19. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: учебник. 5-е изд., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2022. 405 с.
20. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2022. 328 с.
21. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., Яшков В.А. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: учебное пособие. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 367 с.
22. Стрельников Н.А. Электроснабжение промышленных предприятий. Новосибирск: НГТУ, 2013. 100 с.

23. Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4–92.  
М.: Тяжпромэлектропроект, 1993. 25 с.

24. Щербаков Е.Ф., Александров Д.С., Дубов А.Л. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 495 с.