

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 Разработка системы электроснабжения нового здания школы в Татарском районе
Новосибирской области

Обучающийся

Л.С. Ермолаева

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

С.В. Шлыков

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

Тольятти 2023

Аннотация

В выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы электроснабжения нового здания школы планируемого к строительству в Татарском районе Новосибирской области.

Определён состав помещений школы, рассмотрены характеристики внешнего источника питания, которым будет являться существующая двухтрансформаторная подстанция.

Выполнено обоснование схемы электроснабжения с учетом категории надежности установленных в школе электроприёмников. Произведено определение ожидаемых электрических нагрузок в нормальном режиме работы и в режиме пожара.

Выбраны питающие кабели от трансформаторной подстанции до вводных распределительных устройств. Выполнен расчет мощности компенсирующих устройств для каждого ВРУ. Определён перечень энергосберегающих мероприятий.

Определены параметры системы заземления, количество вертикальных заземлителей и протяжённость горизонтальной соединительной полосы. Определены параметры системы молниезащиты здания.

Произведён выбор автоматических выключателей и кабелей, применяемых для питающих и распределительных сетей. Выполнен расчёт внутреннего освещения помещений школы. Во всех помещениях выбраны энергосберегающие светодиодные светильники.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки объемом 49 страниц текста и графической части, выполненной на шести листах формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Обоснование принятой схемы электроснабжения, выбора конструктивных и инженерно-технических решений.....	9
2 Определение расчетных нагрузок от электроприемников по зданию школы	13
3 Разработка технических решений по обеспечению электроэнергией электроприемников в нормальном и аварийном режимах	18
4 Разработка мероприятий по организации системы заземления и молниезащиты здания школы	24
5 Выбор проводников и осветительной арматуры	29
6 Выбор типов светильников и расчет уровня освещенности в помещениях школы	37
Заключение	45
Список используемой литературы	47

Введение

В бакалаврской работе рассматривается здание школы на 550 учащихся 1, 2 и 3 ступени обучения во вновь возводимом здании сложной конфигурации. Здание спроектировано с подвалом и тремя надземными этажами.

Объемно-планировочное решение школы обеспечивает возможность проведения учебных занятий в соответствии с типовым учебным планом общеобразовательной школы, рассчитанной на 11-летний период обучения. Набор учебных и вспомогательных помещений школы создает также условия для изучения дополнительных предметов для всестороннего развития личности обучающихся.

Учебные занятия проводятся в одну смену с 8.00 до 14.00.

Количество обучаемых в одну смену - 550 учащихся.

В таблице 1 приведено распределение классов и учащихся по ступеням.

Таблица 1 - Распределение классов и учащихся по ступеням

Ступени	Кол-во параллелей	Кол-во классов шт.	Кол-во учеников в классе чел.	Кол-во учащихся
I (1,2,3,4 классы)	2	4 класса × 2 параллели = 8	25	8×25=200
II (5,6,7,8,9 классы)	2	5 классов × 2 параллели = 10	25	10×25=250
III (10,11 классы)	2	2 класса × 2 параллели = 4	25	25×4=100
Итого	-	22	-	550

«Состав и площади учебных помещений и планировочные решения обеспечивают возможность проведения занятий в соответствии с типовым учебным планом общеобразовательной школы» [3].

Предусмотрено оборудование входных дверей в школу турникетами-триподами со встроенными считывающими устройствами и арочным металлодетектором.

Для учащихся 1 ступени предусмотрены закрепленные для каждого

класса учебные помещения и помещения групп продленного дня. «Учебные помещения для начальных классов выделены в отдельные блоки.

Для обучающихся 2 и 3 ступеней предусмотрена организация учебного процесса по классно-кабинетной системе» [8].

Поэтажное распределение помещений предусмотрено следующим образом:

1 этаж:

- группа помещений начальной школы (гардероб для учащихся начальных классов, учебные кабинеты 1 и 2 классов, санузлы отдельные для мальчиков, девочек, МГН, КУИ);
- санузел персонала;
- гардеробы для учащихся основной и старшей школы, отдельные для каждого класса);
- санузлы отдельные для мальчиков и девочек;
- комната личной гигиены девочек;
- комната охраны;
- кабинет домоводства (кулинария);
- кабинет домоводства (обработка тканей);
- слесарная мастерская с инструментальной;
- столярная мастерская с инструментальной;
- кабинет ИЗО с подсобным помещением;
- кабинет ОБЖ;
- блок помещений столовой (с производственными, складскими и бытовыми помещениями) с обеденным залом на 275 посадочных мест;
- блок помещений медпункта;
- электрощитовая;
- серверная;
- помещения уборочного инвентаря.

2 этаж:

- санузел персонала;
- санузлы для учащихся (раздельные для мальчиков, девочек, МГН);
- помещения уборочного инвентаря;
- блок учебных кабинетов начальных классов с игровой вместимостью
- 25 человек, санузлами и помещением уборочного инвентаря;
- комната личной гигиены девочек;
- универсальный кабинет;
- кабинет химии с лаборантской;
- кабинет биологии с лаборантской;
- кабинет черчения;
- кабинет географии;
- два кабинета математики;
- кабинет информатики на 12 учащихся с лаборантской;
- санузлы раздельные для мальчиков и девочек, и МГН;
- комната личной гигиены девочек;
- спортзал, малый спортзал со снарядами;
- раздевалки с душевыми и санузлами (раздельные для мальчиков, девочек, МГН);
- актовый зал на 270 мест со складами инвентаря и костюмов, и артистической;
- тренерская с душевой и санузлом;
- помещения уборочного инвентаря.

3 этаж:

- методический кабинет;
- учительская;
- кабинет директора;
- кабинет зам. директора по учебной части;
- кабинет зам. директора по хозяйственной части и бухгалтер;

- канцелярия;
- кабинет проведения совещаний;
- читальный зал библиотеки на 35 читательских мест;
- зона индивидуальных занятий с использованием ИКТ на 15 мест;
- книгохранилище;
- санузел персонала;
- помещения уборочного инвентаря;
- универсальный кабинет;
- кабинет истории;
- кабинет физики с лаборантской;
- два кабинета иностранного языка;
- два кабинета русского языка;
- кабинет информатики (на 13 учащихся) с лаборантской;
- комнаты личной гигиены;
- санузлы для учащихся (раздельные для мальчиков, девочек, МГН);
- кабинет психолога;
- кабинет логопеда;
- венткамеры.

На площадях подвального этажа размещены технические помещения и помещение хранения светильников.

На первом, втором, третьем этажах предусмотрены рекреации.

Далее приведем общие характеристики электроприемников, которые будут использоваться в здании школы.

Проектом предусмотрено два кабинета информатики вместимостью 12 учащихся и вместимостью 13 учащихся. Кабинеты информатики оборудованы специализированными комплектами рабочих мест для учеников и рабочими местами преподавателя информатики, мультимедиа проекторами, интерактивными досками и сопутствующей оргтехникой.

В кабинете химии на подиуме установлены демонстрационные

вытяжные шкафы, а в лаборантской при кабинете химии установлены вытяжной шкаф для работы с реактивами и вытяжной шкаф для муфельной печи и сушильного шкафа.

Кабинеты иностранного языка оборудованы специализированными лингафонными столами учеников, оборудованием лингафонного кабинета «НОРД» с рабочими местами преподавателя.

Мастерские для мальчиков оборудованы школьными металлорежущими и деревообрабатывающими станками, столярными и слесарными верстаками.

Кабинет домоводства по обработке тканей для девочек оборудован электрическими и ручными швейными машинами, двумя вязальными машинами, оверлоком, гладильными досками, электрическими утюгами, отпаривателем для одежды.

Кабинет домоводства кулинарии для девочек оборудован двумя электроплитами с бытовыми вытяжками, бытовым холодильником.

В составе помещений библиотеки запланированы читательские места с ПК - 15 мест.

Административные помещения оборудованы компьютерами и оргтехникой.

Блок помещений столовой размещен на первом этаже в составе следующие помещения: обеденный зал на 275 посадочных мест (обеспечение посадки учащихся в две перемены), горячий цех, моечная столовой посуды, холодный цех, помещение обработки яиц, кладовая скоропортящихся продуктов, кладовая овощей. кладовая сухих продуктов, раздевалка с душевыми, санузел персонала, помещения уборочного инвентаря, помещение временного хранения пищевых отходов, моечная тары, моечная кухонной посуды, первичная обработка овощей, вторичная обработка овощей, мясо-рыбный цех, загрузочная, кабинет заведующей, электрощитовая.

Целью работы является разработка надежной и экономичной системы электроснабжения здания школы.

1 Обоснование принятой схемы электроснабжения, выбора конструктивных и инженерно-технических решений

Подключение проектируемых потребителей предусматривается от проектируемой ТП-400/10/0,4. На стороне 10 кВ, ТП подключается от ВЛ-10 кВ ф.17 ЗСШ-10 кВ ПС «Татарск» и ф.502 2СШ-10кВ РП-5 «Мехзавод», ф.20 4СШ-10кВ ПС «Татарск».

Строительство ВЛ-10 кВ, ТП-10/0,4кВ и сетей 0,4 кВ до границы участка производится силами сетевой организации.

Основным и резервным источником являются разные секции шин ПС 220/10 кВ «Татарск».

Схема электроснабжения принята по условиям надежности электроснабжения потребителей, напряжение сети принято ~380/220 В.

«По надежности обеспечения электроснабжения электроприемники школы относятся ко II категории. К потребителям I категории относятся электроприемники противопожарной защиты, лифт, аварийное освещение, автоматика приточных венсистем, модульная котельная» [3].

Основным источником электроснабжения является двухтрансформаторная ТП-400/6/0,4.

Запроектирована прокладка кабельных линий от РУ-0,4 кВ КТП до проектируемых ВРУ в электрощитовой здания. Сети до КТП выполняет при строительстве сетевая организация.

На вводе 0,4 кВ устанавливаются вводно-распределительное устройство ВРУ1.1 и ВРУ1.2 (в электрощитовой школы) и ВРУ2.1(в электрощитовой пищеблока) с переключателями вводов.

Для питания электроприемников противопожарной защиты устанавливается ВРУ1.3 (панель ПЭСПЗ) (в электрощитовой школы) и ВРУ2.2 (панель ПЭСПЗ) (в электрощитовой пищеблока) с аппаратурой АВР.

Подключение панели ПЭСПЗ необходимо выполнить от вводов ВРУ, до вводных рубильников. Панель ПЭСПЗ имеет боковые стенки для

противопожарной защиты аппаратуры с толщиной достаточной для работоспособности во время пожара. Фасад ПЭСФЗ имеет отличительную окраску красного цвета.

Управление электрооборудованием предусматривается через шкафы автоматики, комплектные устройства и пускозащитные аппараты, устанавливаемые по месту [3].

Отключение вентиляционных систем при пожаре выполняется индивидуально для каждой системы – подачей команды в цепи управления.

Отключение приточных вентиляторов путем подачи сигнала на отключение в шкаф управления приточной вентсистемой. Отключение вытяжных вентиляторов запроектировано путем подачи сигнала на отключение на силовое реле УК-ВК с отключающими контактами в цепь управления вентилятором.

Подключение потребителей (ВРУ, Котельная) к РУ-0,4кВ проектируемой КТП предусматривается по кабельным ЛЭП-0,4кВ, прокладываемой в земле, на глубине 0,7м от планировочной отметки земли. На вводе в здание котельной предусмотрены шкафы с АВР. Здание котельной идет полной комплектации и заводской готовностью. В проекте предусмотрено только внешнее электроснабжение котельной.

Взаиморезервируемые кабели до здания школы и котельной проложены в разных траншеях. При прокладке питающих сетей внутри здания, кабели обработать огнестойким составом в два слоя [2].

Сечение проектируемых кабелей выбраны по допустимому току нагрузки и проверены по условиям срабатывания защиты при токах короткого замыкания и потерям напряжения, согласно требованиям ПУЭ 1.7.98, 3.1.9.

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [15]:

$$I_{\text{дд}} = I_{\text{ном.дд}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (1)$$

где « k_1 - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды;
 k_2 - поправочный коэффициент на термическое сопротивление
грунта;
 k_3 - поправочный коэффициент на количество групп кабелей;
 k_4 - поправочный коэффициент на способ прокладки кабелей» [15].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле»
[15]:

$$U = \frac{I_{расч} \cdot L \cdot R_{уд}}{S}, \quad (2)$$

где « $I_{расч}$ - расчетный ток, А;

L - длина линии, м;

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

S - сечение провода, мм» [15].

Определяем длительно допустимый ток для кабеля АВБШвнг(А)-LS-1-4×240, прокладываемого от ТП до ВРУ1 и от ТП до ВРУ2:

$$I_{дд} = 1,09 \cdot 1,05 \cdot 0,9 \cdot 337 = 347\text{А.}$$

Пересечение, проектируемыми кабельными ЛЭП-0,4кВ, подземных коммуникации и дорог выполнить в трубах ПНД.

Принятая схема электроснабжения Объекта обусловлена фактически сложившейся схемой электроснабжения с обеспечением I и II категории надежности электроснабжения согласно п.1.2.18 ПУЭ.

Выводы по разделу.

По надежности обеспечения электроснабжения электроприемники школы относятся ко II категории.

К потребителям I категории относятся электроприемники

противопожарной защиты, лифт, аварийное освещение, автоматика приточных венсистем, модульная котельная.

Основным источником электроснабжения является двухтрансформаторная ТП.

Взаиморезервируемые кабели до здания школы и котельной проложены в разных траншеях.

В здании школы устанавливается два ВРУ, ВРУ 1 в электрощитовой школы и ВРУ 2 в электрощитовой пищеблока.

Для ЭП первой категории в вводном распределительном устройстве предусматривается установка АВР.

Сечение проектируемых кабелей 4×240 выбраны по допустимому току нагрузки и проверены по условиям срабатывания защиты при токах короткого замыкания и потерям напряжения.

2 Определение расчетных нагрузок от электроприемников по зданию школы

Основными силовыми электроприемниками здания школы являются электрическое освещение, низковольтные асинхронные электродвигатели вентиляторов, насосов; технологическое оборудование столовой, мастерских, учебных кабинетов; питающие устройства радио и связи, пожарной сигнализации.

Расчет электрических нагрузок, с учетом коэффициентов спроса, выполнен согласно СП 256.1325800.2016.

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

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

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]:

$$P_{p.o} = P'_{p.o} + P_{p.p}, \quad (4)$$

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]:

$$P_{p.c} = K_c \cdot P_{y.c}, \quad (5)$$

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]:

$$P_p = K(P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}), \quad (6)$$

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].

Результаты определения нагрузок во вводных распределительных устройствах здания и на шинах трансформаторной подстанции приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Расчет нагрузок на ВРУ

Наименование	Р _{у.} , кВт	K _с	cosφ	tgφ	Р _{расч.} , кВт	Q _{расч.} , кВАр	S _{расч.} , кВА	I _{расч.} , А
ВРУ1.(1 панель)								
Рабочее освещение	24,15	0,85	0,95	0,32	20,53	6,57	21,61	-
Технологическое оборудование	64,71	0,55	0,93	0,35	35,59	12,46	38,27	-
Вентиляция	27,13	0,8	0,95	0,32	21,70	6,95	22,85	-
ИТОГО на 1 панель	115,99	-	0,94	0,34	77,82	25,97	82,72	125
ВРУ1.(2 панель)								
Рабочее освещение	13,6	0,9	0,95	0,32	12,24	3,92	12,88	-
Технологическое оборудование	60,48	0,55	0,95	0,32	33,26	10,64	35,01	-
Вентиляция	20,88	0,9	0,95	0,32	18,79	6,01	19,78	-
Насосное оборудование (насосная ХВС и дренажный насос ДН3 и ДН4)	5,35	0,5	0,95	0,32	2,68	0,86	2,82	-
ИТОГО на 2 панель	100,31	-	0,95	0,32	66,97	21,43	70,50	107
ВРУ1.(3 панель)(ПЭСПЗ)								
Аварийное освещение	6,56	1	0,95	0,32	6,56	2,10	6,91	-
Пожарная и охранная сигнализация	1,43	1	0,95	0,32	1,43	0,46	1,51	-
Противодымная вентиляция	61,5	1	0,85	0,6	61,50	36,90	72,35	-
Защита от замораживания	0,4	1	0,8	0,7	0,40	0,28	0,50	-
Лифт	7,6	1	0,85	0,6	7,60	4,56	8,94	-
Итого(раб.режим)	15,99	1	0,9	0,42	15,99	7,40	17,85	27
Итого (пож.режим)	77,49	1	0,85	0,6	77,49	44,30	90,20	137
Ввод №1	115,99	-	0,94	0,34	77,82	25,97	82,72	125
Ввод №2	116,30	-	0,93	0,35	82,96	28,8	88,3	134
Ввод №2(пож.реж)	-	-	0,89	0,51	122,3	62,37	137,42	208
ВРУ1 авар. режим	232,29	-	0,93	0,35	160,78	56,27	172,88	262
ВРУ1 авар. режим (пож.реж)	-	-	0,93	0,35	170,95	63,63	195,47	279
ВРУ2.(1 панель)								
Рабочее освещение	9,55	0,95	0,95	0,32	9,07	2,90	9,55	-
Технологическое оборудование	12,96	0,7	0,93	0,35	9,07	3,18	9,75	-

Продолжение таблицы 2

Наименование	Р _{у.} , кВт	Кс	cosφ	tgφ	Р _{расч.} , кВт	Q _{расч.} , кВАр	С _{расч.} , кВА	И _{расч.} , А
Вентиляция	28,2	0,8	0,95	0,32	22,56	7,22	23,75	-
Электронагреватель	19,5	0,5	0,98	0,28	9,50	2,66	9,69	-
Насосное оборудование (дренажный насос ДН1 и ДН2)	1,35	1	0,95	0,32	1,35	0,43	1,42	-
ИТОГО 1 панель	71,56	-	0,93	0,4	51,55	16,39	54,17	82
ВРУ2(2 панель)								
Технологическое оборудование	120,36	0,65	0,93	0,35	78,20	27,37	84,09	-
Электронагреватель	19,5	0,5	0,98	0,28	9,50	2,66	9,69	-
ИТОГО 2 панель	139,86	-	0,93	0,4	87,70	30,03	93,78	142
ВРУ2(3 панель)(ПЭСПЗ)								
Аварийное освещение	2,81	1	0,95	0,32	2,81	0,90	2,96	-
Противодымная вентиляция	51	1	0,85	0,6	51,00	30,60	60,00	-
Защита от замораживания	0,4	1	0,8	0,7	0,40	0,28	0,50	-
ИТП	1,58	1	0,95	0,32	1,58	0,51	1,66	-
Котельная	10,3	1	0,95	0,32	10,30	3,30	10,84	-
Итого(раб.режим)	15,09	1	0,93	0,4	15,09	4,98	15,96	24
Итого (пож.режим)	66,09	1	0,85	0,6	66,09	39,65	77,75	118
Ввод №3	86,65	-	0,93	0,32	66,64	21,33	71,66	109
Ввод №4	139,86	-	0,93	0,4	87,70	30,03	93,78	142
Ввод №3(пож.реж)	-	-	0,9	0,48	95,08	48,82	108,17	164
ВРУ2 авар. режим	226,51	-	0,93	0,35	154,34	51,36	165,44	251
ВРУ2 авар. режим (пож.реж)	-	-	0,93	0,35	182,78	63,97	196,54	298
Нагрузка на ТП								
ВРУ1	232,29	-	0,93	0,35	160,78	56,27	172,88	-
ВРУ2	226,51	-	0,93	0,35	154,34	51,36	165,44	-
Расчетная мощность здания школы в рабочем режиме	458,80	-	0,93	0,35	315,13	107,63	338,33	-
- в том числе 1 категории надежности в рабочем режиме	-	-	-	-	31,08	-	-	-

Продолжение таблицы 2

Наименование	$P_{у.}$, кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{расч.}$, кВт	$Q_{расч.}$, кВАр	$S_{расч.}$, кВА	$I_{расч.}$, А
- в том числе 2 категории надежности в рабочем режиме	-	-	-	-	284,05	-	-	-
Расчетная мощность 1 категории (пожарный режим)	-	-	-	-	143,58	-	-	-
Расчетная мощность здания школы (пожарный режим)	-	-	0,93	0,35	350,04	-	-	-
Годовой расход потребителей школы 2500 часов в год	-	-	-	-	787818	-	-	-

Выводы по разделу.

Произведено определение расчётных нагрузок от электроприёмников здания школы. Активная расчётная мощность в рабочем режиме составила 315 кВт из которых 31 кВт приходится на электроприёмники первой категории.

В режиме пожара расчетная нагрузка составила 350 кВт.

3 Разработка технических решений по обеспечению электроэнергией электроприемников в нормальном и аварийном режимах

По степени обеспечения надежности электроснабжения к I категории электроснабжения относятся средства противопожарной защиты, системы противодымной вентиляции, аварийное освещение, лифт (для пожарных подразделений), котельная.

К потребителям II категории относятся рабочее освещение, системы приточно-вытяжной вентиляции, технологическое водонагревательное оборудование [4].

«Для обеспечения надежности электроснабжения I категории на вводе запроектировано ВРУ с АВР, так же устанавливаются встроенные аккумуляторы в приборы пожарной сигнализации.

Напряжение питающей сети $\sim 380/220\text{В}$, система распределения электроэнергии и заземления TN-C-S переменного тока.

По характеру электротехнические нагрузки здания не имеют искажающих факторов на показатели качества электроэнергии (ПКЭ) по классификации ГОСТ 32144-2013.

Показатели качества электрической энергии в точках сети, к которым присоединяются электроприемники, не должны выходить за пределы нормально допустимых значений и в течение всего времени, включая послеаварийные режимы, они должны находиться в пределах максимально допустимых значений согласно ГОСТ 32144-2013» [2].

Низковольтные комплектные устройства приняты шкафного исполнения. Степень защиты НКУ - не менее чем IP31. Управление электроприемниками предусматривается по месту их установки и, частично, дистанционное из обслуживаемого помещения.

В аварийном режиме [5]:

- при возникновении пожара предусматривается отключение системы вентиляции, которая осуществляется по сигналу срабатывания пожарной сигнализации.
- при пропадании напряжения на основном вводе электроприемники I категории питаются от резервного источника питания при срабатывании АВР.

Для питания электроприемников потребителей I категории предусматривается панель ПЭСПЗ с АВР, с подключением от двух вводов. Панель ПЭСПЗ окрашивается в красный цвет [7].

«Для электроприемников II категории при исчезновении напряжения на одном вводе во ВРУ1 возможно переключение в ручном режиме на второй ввод. Для электроприёмников I категории надежности переключение происходит автоматически переключением АВР в ВРУ2» [2].

Согласно расчетам, коэффициент мощности $\cos\varphi=0.93$, которому соответствует $\operatorname{tg}\varphi=0.39$.

Далее приведен расчет компенсации для каждого ВРУ.

Расчет компенсации реактивной мощности для ВРУ1.

Нагрузка на панель №1 $P=77,82$ кВт имеет $\cos\varphi=0,93$, что соответствует

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi_1)^2} - 1} = 0,39.$$

Требуемый $\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,32$.

$$Q_c = P_{расч.} \cdot (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) \quad (7)$$

$$Q_c = 77,82 \cdot (0,39 - 0,32) = 5,45 \text{ квар.}$$

Нагрузка панель №2 $P=74,7$ кВт, имеет $\cos\varphi=0,93$

$$Q_c = 66,97 \cdot (0,39 - 0,32) = 4,7 \text{ квар.}$$

Так как нагрузка компенсирующего устройства на каждый ввод не превышает 50 квар, то согласно п.7.3.1, п.7.3.2 СП 256.1325800.2016 установка КРМ не требуется.

Нагрузка панель №3 P=15,99 кВт имеет $\cos\varphi=0,93$, что соответствует

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi_1)^2} - 1} = 0,39.$$

Требуемый $\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,32$.

$$Q_c = 15,99 \cdot (0,39 - 0,32) = 1,1 \text{ квар.}$$

Так как нагрузка компенсирующего устройства на ввод не превышает 50 квар, то согласно п.7.3.1, п.7.3.2 СП 256.1325800.2016 установка КРМ не требуется.

Расчет компенсации реактивной мощности ВРУ2.

Нагрузка на панель №1 P=51,55 кВт имеет $\cos\varphi=0,93$, что соответствует

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi_1)^2} - 1} = 0,39.$$

Требуемый $\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,32$.

$$Q_c = 51,55 \cdot (0,39 - 0,32) = 3,8 \text{ квар.}$$

Нагрузка панель №2 P=87,7 кВт

$$Q_c = 87,7 \cdot (0,39 - 0,32) = 6,1 \text{ квар.}$$

Так как нагрузка компенсирующего устройства на каждый ввод не превышает 50 квар, то согласно п.7.3.1, п.7.3.2 СП 256.1325800.2016 установка КРМ не требуется.

Расчет компенсации реактивной мощности ВРУ2 (Панель ПЭСПЗ).

Нагрузка панель №3 P=15,09 кВт имеет $\cos\varphi=0,93$, что соответствует

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi_1)^2} - 1} = 0,39.$$

Требуемый $\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,32$.

$$Q_c = 15,09 \cdot (0,39 - 0,32) = 1,05 \text{ квар.}$$

Так как нагрузка компенсирующего устройства на ввод не превышает 50 квар, то согласно п.7.3.1, п.7.3.2 СП 256.1325800.2016 установка КРМ не требуется.

Качество электроэнергии соответствует ГОСТ 32144-2013.

Выбор технологического оборудования (сантехнические установки, электрические технологические потребители пищеблока, постирочной) выполнен с учетом требований ст. 10 № 261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

«Выбор схем питающих сетей и расчет пропускной способности всех ее элементов в проекте производится с учетом наименьших потерь мощности и электроэнергии» [6].

«В качестве энергосберегающих мероприятий предусматривается:

- рациональная загрузка силовых трансформаторов;
- симметричная (равномерная) загрузка фаз;
- применение современного оборудования с высокими электротехническими характеристиками;
- применение приборов учета электроэнергии соответствующего класса точности» [13];

- обеспечение регламентируемых потерь электроэнергии в распределительных и групповых сетях согласно нормативным документам;
- использование энергосберегающих источников света – светодиодных светильников;
- управление освещением помещений запроектировано по группам различными выключателями и переключателями в коридорах.

Коммерческий учет электроэнергии запроектирован в проектируемой ТП сетевой организацией. Для технического учета запроектирована установка счетчиков электрической энергии на вводах во ВРУ.

Коммерческий учёт электроэнергии осуществляется электронными трехфазными счетчиками класса точности 0,5S/1,0 трансформаторного включения, который устанавливается в проектируемой ТП сетевой организацией.

Технический учет на вводе в здании школы и котельной запроектирован электронными трехфазными счетчиками класса точности 0,5/1,0 трансформаторного включения на вводах во ВРУ.

Трансформаторы тока во ВРУ запроектированы класса точности 0,5.

Абонентская линия, к которой подключен объект, питается от КТП сетевой организации, проектирование которой осуществляет сетевая организация.

Строительство проектируемой комплектной трансформаторной подстанции типа КТПН-2х400/10/04 предусматривается сетевой организацией, с трансформатором ТСЗ-400/10/04-ХЛЗ.

Проектируемая трансформаторная подстанция запроектирована комплектная киоскового типа установленная на фундамент из железобетонных плит с кабельными вводами по высокой и низкой стороне. Корпус КТП наружной установки состоит из основания, изготовленного из профильного металлопроката, стен, дверей с рёбрами жёсткости из листового металла и представляет собой сварную металлоконструкцию с жёсткостью,

обеспечивающую транспортировку с полностью укомплектованным оборудованием, включая силовые трансформаторы. Конструкция КТП обеспечивает необходимую динамическую устойчивость корпуса при коротких замыканиях сети.

КТП включает в себя:

- два трансформатора сухого типа на 400кВА;
- распределительное устройство высокого напряжения 10 кВ;
- распределительное устройство низкого напряжения 0,4 кВ.

«Подключение силового трансформатора к распределительным устройствам выполняется шинами.

Для защиты корпуса КТП от атмосферных воздействий применяется атмосферостойкое лакокрасочное покрытие для наружной эксплуатации с предварительной обработкой поверхности составами, которые останавливают процесс коррозии и образуют на поверхности фосфатную плёнку.

Двери отсеков РУВН и РУНН оборудованы системой запоров с внутренним замком для защиты от несанкционированного доступа к оборудованию» [15].

Выводы по разделу.

Выполнен расчёт мощности компенсирующих установок для каждого из ВРУ. Поскольку на каждом вводе расчётная мощность компенсирующих устройств не превышает 50 квар, то установка КРМ не требуется.

Определен перечень энергосберегающих мероприятий, основным из которых является использование энергосберегающих источников света, которыми являются светодиодные светильники.

4 Разработка мероприятий по организации системы заземления и молниезащиты здания школы

Согласно ПУЭ изд.7 для электроустановок здания принята система TN-S. В качестве заземляющих РЕ проводников используется 3,5 жила кабеля.

Запроектировано повторное заземление нулевого провода.

За главную заземляющую шину в этих помещениях принята шина из меди 5×50мм. ГЗШ установленная в отдельном шкафу. ГЗШ на обоих концах обозначить продольными или поперечными полосами жёлто-зелёного цвета одинаковой ширины.

Все металлические нетоковедущие части электрооборудования заземлить. Для заземления электрооборудования, каркасов щитов, розеток запроектирована прокладка третьих (пятых) дополнительных проводников от РЕ - шины вводных и распределительных шкафов [8].

ГЗШ является частью заземляющего устройства и предназначена для присоединения проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.

«Уравнивание потенциалов выполняется присоединением к главной заземляющей шине ГЗШ электрощитовых» [7]:

- нулевого защитного РЕ проводника питающих линий;
- контура наружного заземления и молниезащиты;
- металлических труб коммуникаций в точке ввода в здание холодного водоснабжения, канализации, отопления и т.п.;
- металлического каркаса подвесных потолков (через РЕ шины распределительных щитов на этажах);
- металлические части каркаса здания и арматура железобетонных конструкций;
- металлических коробов, воздуховодов.

Схема системы уравнивания потенциалов представлена на рисунке 1.

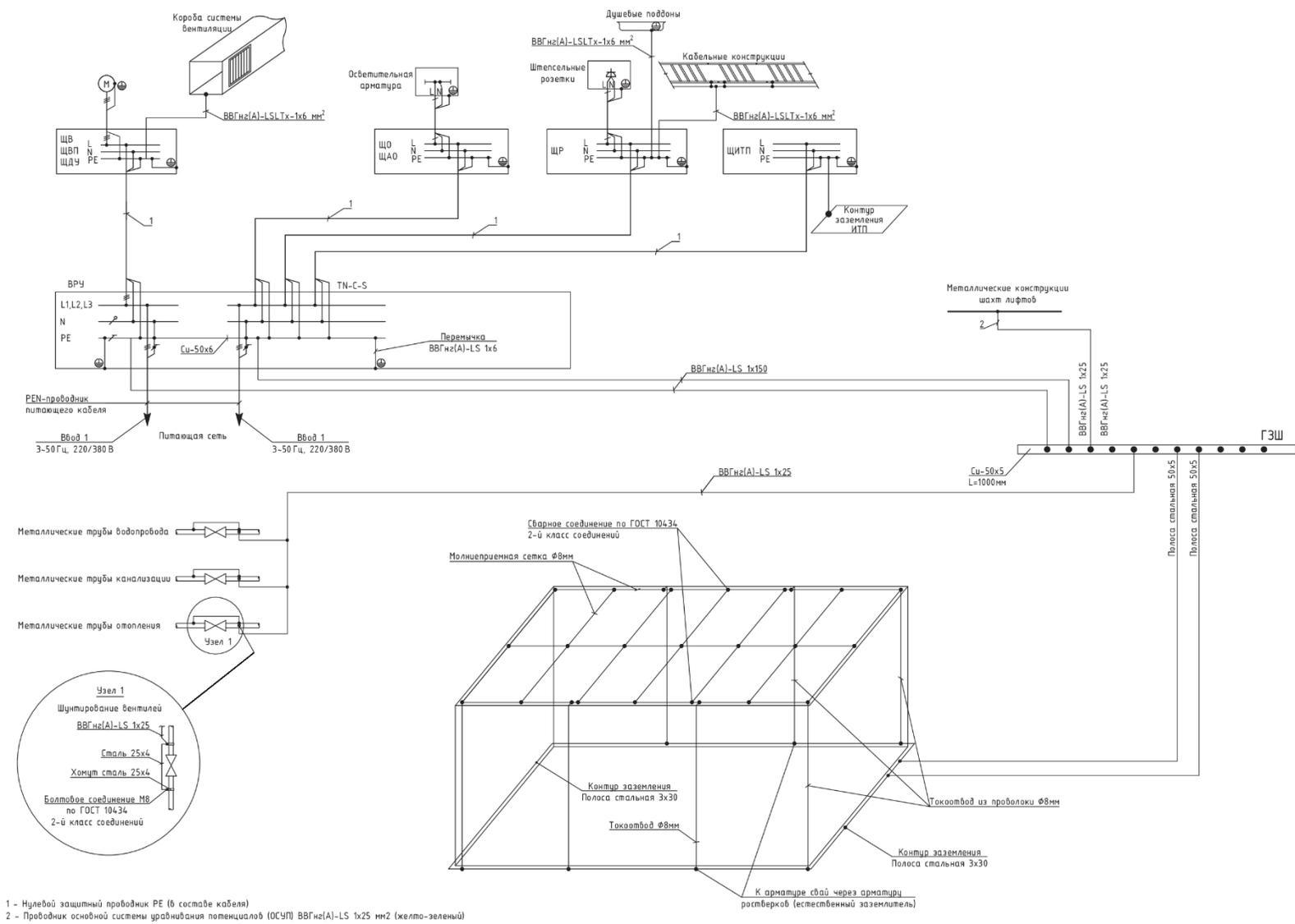


Рисунок 1 - Схема системы уравнивания потенциалов

Для дополнительной системы уравнивания потенциалов запроектирована установка коробок с шиной заземления (ДСУП) в душевых, в венткамерах, в цехах пищеблока, в помещениях с металлическими мойками и душевыми поддонами. шины заземления ДСУП подключить к РЕ-шине распределительных щитов проводом ПуГв $1 \times 6 \text{ мм}^2$.

Проектом предусматривается объединенное заземляющее устройство (ОЗУ). ОЗУ предусматривается для здания школы и здания котельной по отдельности.

ОЗУ каждого здания состоит из наружного контура заземления, выполненного из полосовой оцинкованной стали сечением 3×30 мм. Сталь полосовая прокладывается по периметру здания на глубине 0,5 м от планировочной отметки земли на расстоянии 1,0 м от наружной стены здания, электроды забиваются в месте ввода питающих кабелей в сооружение и присоединяются к наружному контуру заземления. ОЗУ соединяется с ГЗШ.

Количество вертикальных электродов определяется по следующей методике.

Сопротивление одного вертикального электрода из угловой стали [9]:

$$R_{\text{зо}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.в}}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t' + l}{4t' - l} \right), \quad (8)$$

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

заземлителей,

l – длина вертикального заземлителя;

b – ширина полки уголка;

t' – глубина заложения верха заземлителя» [7];

Находим глубину заложения верха заземлителя:

$$t' = t_0 + \frac{1}{2}l, \quad (9)$$

где « t_o – глубина заложения вершины вертикального заземлителя» [11];

Сопротивление десяти вертикальных электродов при коэффициенте использования $\eta_b=0,7$:

$$R_g = \frac{R_{go}}{\eta_g \cdot n_g}, \quad (10)$$

где « η_g – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [20];

Сопротивление горизонтального электрода из оцинкованной полосы 40×4 мм при среднем коэффициенте использования $\eta=0,6$ и $k=4$ для 2-ой климатической зоны:

$$R_z = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.з}}{l_z} \cdot \lg \frac{2l_z^2}{b \cdot t_0}, \quad (11)$$

где « l_z – длина горизонтального заземлителя;

b – ширина полосы горизонтального заземлителя;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя» [20];

Расчетное результирующее сопротивление R_u заземляющего устройства:

$$R_u = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z + R_g}, \quad (12)$$

В работе предусматривается повторное заземление опор электроосвещения в соответствии с ПУЭ п.6.1.45. Заземление каждой опоры в сетях с глухозаземленной нейтралью запроектировано путем присоединения опоры к РЕ-проводнику питающей линии наружного освещения.

Защита здания школы и котельной от прямых ударов молнии в соответствии с требованиями СО153-34.21.122-2003 и РД 34.21.122-87

выполняется по III категории. В качестве молниеприемника на кровле укладывается металлическая сетка. Молниеприёмная сетка запроектирована из круглой горячеоцинкованной стали диаметром 8 мм. Все выступающие над кровлей металлические элементы необходимо присоединить к молниеприёмной сетке горячеоцинкованной сталью круглой диаметром 8 мм. Токоотводы от молниеприёмной сетки к контуру заземления по периметру здания запроектированы горячеоцинкованной сталью круглой диаметром 8 мм.

«Спуски выполнить через каждые 20 м и соединить между собой стальной оцинкованной полосой размером 3×30мм по контуру здания на расстоянии не менее 1 м от фундамента здания.

В местах соединения токоотводов с полосой 3×30мм запроектирован электрод из угловой стали горячеоцинкованной 30×30×3мм, длиной 3м (вертикальный заземлитель)» [7]. Электроды заглубить на 0,5м (от уровня земли до верха электрода) и соединить между собой полосовой сталью горячеоцинкованной 3×30мм (горизонтальный заземлитель). Глубина прокладки горизонтального заземлителя 0,5м.

Заземление опор освещения запроектировано путем присоединения шины заземление опоры и светильника к заземляющему РЕ-проводнику питающей сети [10].

Выводы по разделу.

Для электроустановок здания принята система заземления TN-C-S. Система заземления здания школы и здания котельной состоят из горизонтальной полосы, соединяющей между собой отдельные вертикальные заземлители. В работе расчетным путем определено их требуемое количество для обеспечения нормируемого значения сопротивления заземления. Защита зданий от прямых ударов молний выполняется по третьей категории, для этого в качестве молниеприемника на кровле здания должна быть уложена металлическая сетка.

5 Выбор проводников и осветительной арматуры

Вводно-распределительные устройства запроектированы типа ВРУ9. Внешний вид данного вводного устройства представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид вводно-распределительного устройства типа ВРУ9

Силовые шкафы запроектированы наборные ЩРВ и ЩРН (Российского производства), с автоматическими выключателями и дифференциальными автоматами (с УЗО) на 30мА на отходящих линиях для электробезопасности людей.

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

- по номинальному напряжению» [4]

$$U_n \geq U_{nc};, \quad (13)$$

- «по номинальному току» [4]

$$I_{np} \geq I_{pa};, \quad (14)$$

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

$$I_{отк} \geq I_{K3}^{(3)}, \quad (15)$$

где « $I_{K3}^{(3)}$ – 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.

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

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

$$k_{pn} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск}, \quad (16)$$

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]:

$$t_i > t_{ni},, \quad (17)$$

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]

$$t_{cp} > t_{дон},, \quad (18)$$

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]:

$$I_{pa} \leq I_{np} \leq I_{дон},, \quad (19)$$

$$I_2 \leq 1,45I_{дон},, \quad (20)$$

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

I_{np} – 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» [12].

Установка щитов запроектирована в специальные ниши по коридору. Для вентсистем запроектированы отдельные шкафы ШРВ. В качестве пусковой аппаратуры для вентсистем запроектирована установка ящиков управления Я5000. На рисунке 3 представлен внешний вид выбранного ящика Я5000.

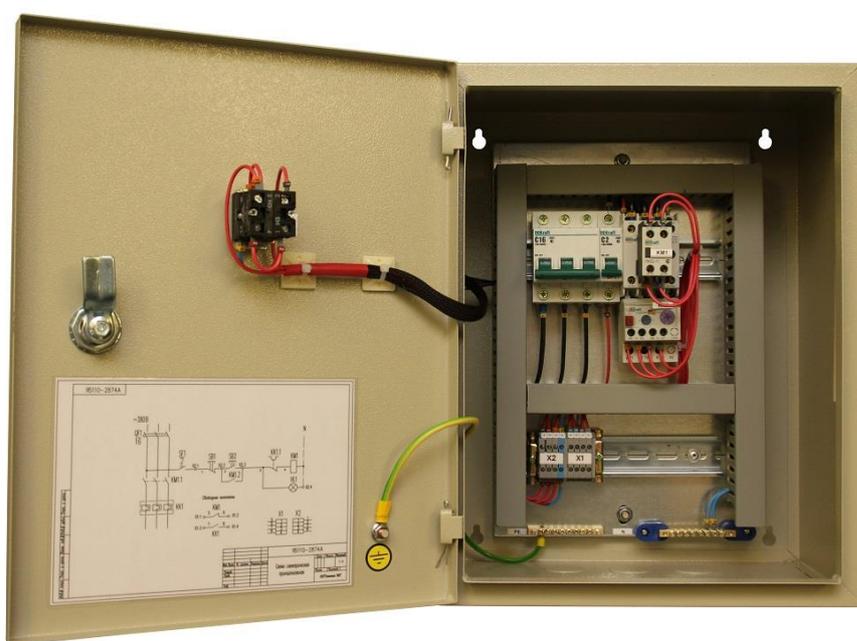


Рисунок 3 – Внешний вид ящика управления Я5000

На отходящих линиях рабочего освещения для электроснабжения светильников установленных в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных помещениях установлены УЗО на ток 30мА.

Высота установки электрооборудования от уровня чистого пола:

- до верха щитков - 1,8 м;
- до оси розеток и выключателей-1,8м во всех помещениях.

«Магистральные сети от вводно-распределительных устройств до распределительных шкафов выполняются кабелем ВВГнг(А)-LSLTx, ВВГнг(А)-FRLSLTx (до электроприёмников, которые должны сохранять работоспособность в условиях пожара):

- в металлических коробах за подвесным потолком в коридорах (групповая прокладка);
- в стальных трубах в стояках» [2].

Внешний вид кабеля ВВГнг(А)-LSLTx, раскрывающий состав его изоляции приведен на рисунке 4.

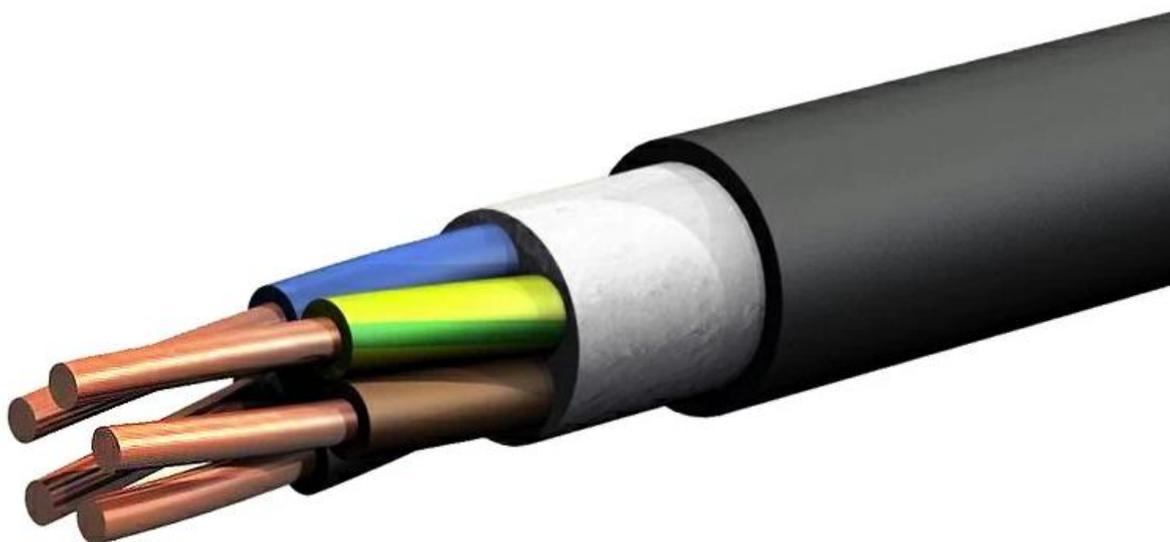


Рисунок 4 - Внешний вид кабеля ВВГнг(А)-LSLTx

«Распределительные и осветительные сети выполняются кабелями марки ВВГнг(А)-LSLTx, ВВГнг(А)-FRLSLTx (до электроприёмников, которые должны сохранять работоспособность в условиях пожара)» [14]:

- «в стальных трубах в подготовке пола;
- открыто в гибких гофрированных трубах из самозатухающего ПВХ-пластиката за подвесным потолком в помещениях (одиночная прокладка);

- в металлических коробах за подвесным потолком в коридорах (групповая прокладка);
- скрыто под штукатуркой.

В зрительном зале и эстраде осветительные и распределительные сети, проложенные открыто и за подвесным потолком, выполняются в металлических трубах.

Магистральные и распределительные сети противопожарных потребителей прокладываются в коробах с разделительной перегородкой или в самостоятельных трубах» [6].

Согласно ПУЭ гл.2.1.31 проводники должны легко распознаваться по цветам:

- голубого цвета – для обозначения нулевого рабочего или среднего проводника электрической цепи;
- двухцветной комбинации зелено-желтого цвета – для обозначения защитного или нулевого защитного проводника;
- двухцветной комбинации зелено-желтого цвета по всей длине с голубыми метками на концах линии, которые наносятся при монтаже – для обозначения совмещенного нулевого рабочего и нулевого защитного проводника;
- черного, коричневого, фиолетового, розового, оранжевого, бирюзового, серого, красного, белого цвета – для обозначения фазного проводника.

«Наружные сети электроосвещения запроектированы кабелем АВБШвнг(А)-LS -1-5×6 в траншее. Кабель в траншее проложен на глубине 0,7 м от спланированной отметки земли.

Для питания светильников наружного освещения внутри опор и кронштейнов проложен кабель ВВГ-3×1,5 мм², начиная от автоматического выключателя, установленного в опоре на уровне монтажного окна» [3].

Сети заземления и уравнивания потенциалов запроектированы проводом ПуГВ в желто-зеленой изоляции.

Кабели наружного электроснабжения 0,4кВ запроектированы марки АВБШвнг(А)-LS в кабельной траншее на глубине 0,7 м от уровня спланированной отметки земли до верха кабеля согласно типовому проекту А5-92. При прокладке питающих сетей внутри здания, кабели обработать огнестойким составом в два слоя.

«При переходе электропроводки через элементы конструкций здания, такие, как стены, перегородки, межэтажные перекрытия огнестойкость которых определена рабочими чертежами, электропроводку выполнить в стальной трубе(гильзе), оставшиеся отверстия загерметизировать со степенью огнестойкости, равной огнестойкости соответствующих элементов строительных конструкций минераловатными плитами и огнестойким герметиком НІЛТІ. Зазор между трубой и электропроводкой заделать негорючей мастикой НІЛТІ с глубиной заделки с обеих сторон не менее 50мм.

Принятая в проекте электротехническая продукция имеет соответствие требованиям пожарной безопасности и сохраняет работоспособность в условиях пожара в течение времени, необходимого для полной эвакуации людей в безопасное место» [13].

«Область применения труб, вида и способа прокладки кабелей в трубах принята в соответствии с ПУЭ и инструкцией по монтажу электропроводок в трубах концерна «Электромонтаж».

Нормы освещенности и осветительная арматура выбрана в соответствии с назначением помещением и характером окружающей среды по СП52.13330.2016, со степенью защиты IP20-IP65» [2].

Типы и исполнение светильников принимаются по категориям среды, назначением и высотой помещений и в зависимости от конструкции потолков [15].

Классы защиты светильников от поражения электрическим током – I; II.

В кабинетах физики и химии розетки на столах учеников, а также лабораторные щитки подключены через аппарат управления, установленный на столе преподавателя. Линии питания розеток подключены через устройства

защитного отключения дифференциального тока с током отключения до 30 мА.

Оборудование компьютерных классов выполнить с учетом требований дополнения к разделу 12 пособия к МГСН 4.06-96 «Общеобразовательные учреждения» рекомендации по проектированию электрооборудования компьютерных классов 2000г.» В компьютерном классе запроектирован щит ЩК1 рядом со столом преподавателя. Розетки запроектированы с заземляющим контактом скрытой установки. Так же запроектированы напольные башенки. Разводка выполнена скрыто в стенах и в ПНД-трубах в стяжке пола. Сеть питания, проходящая внутри классов, запроектирована экранированным кабелем.

Вывод по разделу.

В работе выбраны силовые шкафы ЩРв и ЩРн, с автоматическими выключателями и дифференциальными автоматами на 30мА на отходящих линиях для электробезопасности людей.

Магистральные сети от вводно-распределительных устройств до распределительных шкафов выполняются кабелем ВВГнг(А)-LSLTx, ВВГнг(А)-FRLSLTx (до электроприёмников, которые должны сохранять работоспособность в условиях пожара). Распределительные и осветительные сети выполняются теми же марками кабеля.

Для наружных сетей электроосвещения выбран кабель АВБШвнг(А)-LS -1-5×6 прокладываемый в траншее.

6 Выбор типов светильников и расчет уровня освещенности в помещениях школы

«По степени надёжности электроснабжения рабочее освещение относится ко II категории. Электроснабжение рабочего освещения предусмотрено от водно-распределительного устройства ВРУ, позволяющего вручную взаимно резервировать фидера в аварийном режиме» [8]. В таблице 3 приведены требуемые значения по освещенности для каждого из помещений здания школы.

Таблица 3 - Освещенности по помещениям здания школы

Наименование помещения	Источник света	Освещенность, лк
Техподполье	сд	20
Венткамера	сд	200
Узел учета ХВС	сд	200
Лестничная клетка	сд	100
Коридор	сд	100
Кладовая уборочного инвентаря и прочие кладовые	сд	50
Санузел	сд	75
Тамбур	сд	100
Электрощитовая	сд	200
Помещение тех персонала	сд	200
Пост охраны	сд	300
Кабинеты инструкторов	сд	300
Тамбур главного входа	сд	100
Вестибюль	сд	150
Лифтовой холл	сд	100
Гардероб	сд	150
Раздевальные	сд	200
Спортивный зал	сд	200
Сан. узел для МГН	сд	100
Кабинет учителей	сд	400
Книгохранилище	сд	100
Библиотека	сд	400
Рекреация	сд	200
Учебные классы	сд	400

Продолжение таблицы 3

Наименование помещения	Источник света	Освещенность, лк
Компьютерный класс	сд	400
Кабинет врача	сд	300
Процедурный кабинет	сд	500
Кабинет психолога и логопеда	сд	300
Кабинет рисования	сд	500
Комбинированная мастерская	сд	400
Обеденный зал	сд	200
Раздаточная	сд	300
Моечные посуды	сд	200
Моечная кухонной посуды и помещение резки хлеба	сд	200
Горячий цех, мясорыбный цех и прочие цеха	сд	300
Помещения мучных изделий	сд	300
Кабинет зав. производством	сд	300
Кладовые пищеблока	сд	100
Лаборатории	сд	400
Актовый зал	сд	200
Эстрада	сд	300
Артистические уборные	сд	300

«Аварийное освещение относится к I категории надёжности электроснабжения и запитывается через устройство автоматического включения резерва (АВР).

В здании запроектированы следующие виды освещения [16]:

- а) общее рабочее освещение (напряжение ~220 В) - во всех помещениях здания;
- б) ремонтное освещение от ящиков с понижающим трансформатором ЯТП-0,25-220/36В (в электрощитовой, венткамерах, помещении ИТП);
- в) аварийное освещение:
 - 1) резервное - для продолжения работы при пропадании рабочего освещения;
 - 2) эвакуационное - для эвакуации людей из здания» [9].

Освещение резервное и эвакуационное освещение выполнены согласно п.п. 7.73, 7.74 СП 52.13330.2016 и главы 7.2 раздела 7 ПУЭ. Резервное освещение предназначено для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения.

Эвакуационное освещение подразделяется на [18]:

- освещение путей эвакуации - в коридорах, проходах, холлах, тамбурах, лестничных клетках и т.д.;
- освещение зон повышенной опасности для безопасного завершения потенциально опасного процесса или ситуации - в мастерских, медицинском кабинете;
- эвакуационное освещение больших площадей (антипаническое), предусматривается в больших помещениях площадью более 60 м² и направлено на предотвращение паники и обеспечение условий для безопасного подхода к путям эвакуации. Освещенность эвакуационного освещения больших площадей составляет не менее 0,5 лк на всей свободной площади пола, за исключением полосы 0,5 м по периметру помещения.

Минимальная освещенность эвакуационного освещения зон повышенной опасности составляет 10% от нормируемой освещенности для зон общего рабочего освещения [17].

Исполнение светильников аварийного освещения совпадает с исполнением светильников рабочего освещения и соответствует категории помещения.

Освещенность помещений выбрана согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 и СП 52.13330.2016. Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования.

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

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (21)$$

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]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot \eta}, \quad (22)$$

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

Φ_l - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [4].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [3]:

$$P_{n\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{nl}, \quad (23)$$

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

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B » [3]:

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

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A » [3]:

$$N_A = \sqrt{N_p \frac{A}{B}}; \quad (25)$$

«Определяем расстояние между светильниками L и расстояние от крайнего ряда светильников до стены l » [3]:

$$L \geq \frac{A}{N_A}, l = (0,25 - 0,5)L. \quad (26)$$

Результаты расчета освещения и выбора количества светильников для каждого помещения представлены в графической части работы.

«В качестве светильников дополнительного эвакуационного освещения используются световые указатели «ВЫХОД» и указатели направления движения устанавливаемые на путях эвакуации, местах поворота и т.п. Световые указатели «ВЫХОД» имеют постоянный режим работы. В местах установки пожарных кранов и огнетушителей запроектирована установка светильников с соответствующими пиктограммами. Также запроектирован светильник у медицинского кабинета с пиктограммой. Светильники горят постоянно и запитаны отдельной группой от щита ЩАО [19].

В помещениях с недостаточным коэффициентом естественного освещения освещённость увеличена на одну ступень. На путях эвакуации (коридоры), где могут находиться МГН и в санузле для МГН, освещённость увеличена на одну ступень» [13]. В проектируемом здании обеспечивается освещённость не менее 100 лк на входных площадках, доступных для МГН, в универсальных кабинах санузлов и душевых, на путях эвакуации, на открытых лестницах, пандусах и в пожаробезопасных зонах.

Типы светильников выбираются с учетом характеристики и назначения помещений. Расположение светильников в помещениях выполнено с соблюдением рекомендаций СанПиН.

В качестве источников света применяются светодиодные светильники.

Светильники аварийного освещения выделены из общего числа

светильников и обозначены на планах буквой «А» и питаются от щитов аварийного освещения.

Светильники рабочего и аварийного освещения питаются от разных щитов начиная с ВРУ. Светильники аварийного освещения запроектированы со встроенными аккумуляторами.

Освещение венткамер предусматривается согласно расположению вентиляционного оборудования в помещениях венткамер.

Управление освещением предусматриваются местное - выключателями, установленными по месту в помещениях. В санузлах для МГН высота установки выключателей 1,0 м от чистого пола.

Управление аварийного освещения мест общего пользования (коридоры, лестничные клетки, зрительный зал) запроектировано с поста охраны.

В учебных классах, спортивных и актовых залах запроектировано отключение светильников рядами, параллельными световым проемам в зависимости от естественного освещения.

«Для общего освещения запроектированы светильники со сплошными закрытыми рассеивателями из опалового стекла. В помещениях с категорией П-Па применены светильники с негорючими корпусами и стеклянными негорючими рассеивателями» [15].

На рисунке 5 представлен самый распространенный в проекте светильник E070 2.0 IP40 (ШКОЛА 595×595 мм аналог 4×18) производимый фирмой VARTON.

К основным характеристикам светильника относятся:

- «коэффициент пульсации светового потока, не более, %: 1;
- коэффициент мощности: 0.95;
- климатическое исполнение и категория размещения: УХЛ4;
- частота сети переменного тока, Гц: 50;
- индекс цветопередачи (Ra): 90-100;
- степень защиты (IP): IP40;

- способ монтажа: Встраиваемый/Накладной;
- класс защиты: I;
- диапазон входного переменного напряжения, В: 176...264;
- ударопрочность (ИК): IK02;
- угол светового пучка, °: 120» [7].



Рисунок 5 – Внешний вид светильника E070 2.0 IP40

Для обеззараживания воздуха запроектированы бактерицидные облучатели ОБН-150, учтенные в спецификации комплекта ТХ. Выключатель, установленный в помещении, где размещен облучатель ОБН-150, управляет верхней лампой, выключатель перед входом в помещение - нижней лампой. Он заблокирован со световым табло с надписью «Не входить! Включен бактерицидный облучатель».

Для подсветки классных досок устанавливаются светильники местного освещения на кронштейнах.

Обслуживание светильников производится с лестниц-стремян. Обслуживание и ремонт светильников в актовом зале выполнять с разборных строительных лесов.

В электрощитовой запроектирован щит ШРно с магнитными пускателями для управления наружным освещением. Управления

запроектирована кнопками с поста охраны.

Для подключение наружного освещения территории котельной запроектирован ящик управления освещением ЯОУ-9601. Управление освещением предусматривается местное и автоматическое от фотодатчика.

Освещенность всей территории школы – 10 лк. Освещенность спортивных площадок – 50 лк.

Освещенность футбольного поля – 75 лк.

Наружное электроосвещение основных проездов, площадок для игр запроектировано на металлических опорах высотой 10 м со светодиодными лампами мощностью по 100 Вт и светодиодными светильниками, установленными на фасаде здания по периметру.

Выводы по разделу.

Выполнен расчёт мощности и количества светодиодных светильников для внутреннего освещения каждого из помещений здание школы. Типы светильников выбираются с учетом характеристики и назначения помещений.

Светильники рабочего и аварийного освещения питаются от разных щитов начиная с ВРУ. Светильники аварийного освещения выбраны со встроенными аккумуляторами.

Заключение

Целью работы является разработка надежной и экономичной системы электроснабжения здания школы.

По надежности обеспечения электроснабжения электроприемники школы относятся ко II категории.

К потребителям I категории относятся электроприемники противопожарной защиты, лифт, аварийное освещение, автоматика приточных венсистем, модульная котельная.

Основным источником электроснабжения является двухтрансформаторная ТП.

Взаиморезервируемые кабели до здания школы и котельной проложены в разных траншеях.

В здании школы устанавливается два ВРУ, ВРУ 1 в электрощитовой школы и ВРУ 2 в электрощитовой пищеблока.

Для ЭП первой категории в вводном распределительном устройстве предусматривается установка АВР.

Сечение проектируемых кабелей 4×240 выбраны по допустимому току нагрузки и проверены по условиям срабатывания защиты при токах короткого замыкания и потерям напряжения.

Произведено определение расчётных нагрузок от электроприёмников здания школы. Активная расчётная мощность в рабочем режиме составила 315 кВт из которых 31 кВт приходится на электроприёмники первой категории.

В режиме пожара расчетная нагрузка составила 350 кВт.

Выполнен расчёт мощности компенсирующих установок для каждого из ВРУ. Поскольку на каждом вводе расчётная мощность компенсирующих устройств не превышает 50 квар, то установка КРМ не требуется.

Определен перечень энергосберегающих мероприятий, основным из которых является использование энергосберегающих источников света, которыми являются светодиодные светильники.

Для электроустановок здания принята система заземления TN-C-S. Система заземления здания школы и здания котельной состоят из горизонтальной полосы, соединяющей между собой отдельные вертикальные заземлители. В работе расчетным путем определено их требуемое количество для обеспечения нормируемого значения сопротивления заземления. Защита зданий от прямых ударов молний выполняется по третьей категории, для этого в качестве молниеприемника на кровле здания должна быть уложена металлическая сетка.

В работе выбраны силовые шкафы ЩРВ и ЩРН, с автоматическими выключателями и дифференциальными автоматами на 30мА на отходящих линиях для электробезопасности людей.

Магистральные сети от вводно-распределительных устройств до распределительных шкафов выполняются кабелем ВВГнг(А)-LSLTx, ВВГнг(А)-FRLSLTx (до электроприёмников, которые должны сохранять работоспособность в условиях пожара). Распределительные и осветительные сети выполняются теми же марками кабеля.

Для наружных сетей электроосвещения выбран кабель АВВШвнг(А)-LS-1-5×6 прокладываемый в траншее.

Выполнен расчёт мощности и количества светодиодных светильников для внутреннего освещения каждого из помещений здание школы. Типы светильников выбираются с учетом характеристики и назначения помещений.

Светильники рабочего и аварийного освещения питаются от разных щитов начиная с ВРУ. Светильники аварийного освещения выбраны со встроенными аккумуляторами.

Список используемой литературы

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В. Электроснабжение промышленных и гражданских объектов: учебное пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 204 с.
2. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: электронное учебно-методическое пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. 86 с.
3. ГОСТ 28249-93 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ [Электронный ресурс]: Межгосударственный стандарт от 01.01.1995. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004630> (дата обращения 15.08.2023).
4. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации 01.01.2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108284> (дата обращения 03.09.2023).
5. ГОСТ Р 55842-2013 (ИСО 30061:2007) Освещение аварийное. Классификация и нормы [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации от 01.01.2015. URL: docs.cntd.ru/document/1200107497 (дата обращения 03.06.2023).
6. Киреева Э.А., Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2015. 368с.
7. Миронова А.Н., Миронов Ю.М. Электрооборудование и электроснабжение электротехнологических установок: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2023. 470 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1996313> (дата обращения: 27.06.2023).
8. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 416 с.

9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 15.07.2023).
10. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 13.08.2023).
11. Рожин А.Н., Бакшаева Н.С. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. 258с.
12. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2023. 328 с.
13. Синенко Л.С., Электроснабжение. Версия 1.0. [Электронный ресурс]: учеб. пособие к практ. занятиям. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/122353214> (дата обращения 17.08.2023).
14. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034368> (дата обращения 07.07.2023).
15. Соколов Л.И. Инженерные системы высотных и большепролетных зданий и сооружений: учеб. пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. 604 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1053274> (дата обращения 08.09.2023).
16. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]: Свод правил по проектированию и строительству от 01.01.2004. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения 05.08.2023).
17. СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87 (с Поправкой, с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Свод правил от 20.05.2011. URL: docs.cntd.ru/document/1200084087 (дата обращения 14.09.2023).
18. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]: Свод

правил от 05.08.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 08.07.2023).

19. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001 (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Свод правил от 20.05.2011. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200085105> (дата обращения 07.05.2023).

20. Хорольский В.Я., Таранов М.А., Петров Д.В. Техно-экономические расчеты распределительных электрических сетей: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 96 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1839652> (дата обращения 08.06.2023).