

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения новой средней общеобразовательной школы в Иркутской области

Обучающийся

Д.Р. Хисамутдинов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

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

Тольятти 2024

## Аннотация

В бакалаврской работе были определены основной и резервный источники питания здания общеобразовательной школы. В качестве резервного источника питания была выбрана дизель-генераторная установка.

Определены основные потребители электрической энергии в здании школы и приведена их классификация по категориям надёжности. Был произведён расчёт электрических нагрузок по зданию школы и гаража.

Для электроснабжения выбрана магистрально-радиальная схема. Выбрано три вводных распределительных устройства: первое и второе устанавливаются в здании школы, третье в здании гаража.

Для защиты от сверхтоков выбраны автоматические выключатели с комбинированными расцепителями. Определены меры по обеспечению энергоэффективности. Произведён расчёт системы заземления и молниезащиты.

Произведён расчёт сечений проводников в осветительных и силовых сетях. Был выполнен выбор светильников в соответствии с назначением помещений и характеристикой среды, а также нормируемыми значениями освещённости для каждого из помещений школы и гаража

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 52 страницы текста и графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

## Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика внешних источников и внутренней схемы электрообеспечения .....	8
2 Определение расчетных электрических нагрузок по зданию школы .....	10
3 Определение требований к надежности электрообеспечения и качеству получаемой электроэнергии.....	15
4 Проектирование системы электрообеспечения здания школы .....	16
5 Проектирование систем заземления и молниезащиты здания школы .....	25
5.1 Заземление .....	25
5.2 Молниезащита .....	29
6 Выбор проводников .....	31
7 Расчет системы искусственного электрического освещения здания школы	35
7.1 Внутреннее освещение .....	35
7.2 Наружное освещение .....	40
8 Источники внешнего электрообеспечения .....	44
Заключение .....	46
Список используемой литературы и источников .....	49

## Введение

В г.Усть-Кут Иркутской области планируется строительство новой школы на 352 ученика.

В комплекс входит здание школы и теплица.

Обучение всех учеников планируется в одну смену. Распределение классов и учащихся по ступеням приведено в таблице 1.

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, чел.
I (1,2,3,4 классы)	2	4класса × 2парал. = 8	16	128
II (5,6,7,8,9 классы)	2	5классов × 2парал. = 10	16	160
III (10,11 классы)	1	2 класса × 2парал. = 4	16	64
Итого:	-	22	-	352

Набор помещений выполнен для возможности изучения обязательных учебных дисциплин, для трудового обучения, для занятий в кружках, для спортивно-оздоровительного развития.

«Учебные помещения для начальных классов (1-4) выделены в отдельный блок. Организовано две параллели, 8 классов по 16 человек в каждом. Ученики начальной школы обучаются в закрепленных за каждым классом кабинетах» [15]. В блоке размещены: учебные помещения с рекреацией, игровая комната для групп продленного дня на 12 человек, отдельные для мальчиков и девочек спальные помещения, гардеробная с вешалками.

Учащиеся 5-11 классов обучаются по классно-кабинетной системе. Организовано две параллели, десять средних классов по 16 человек и четыре старших класса по 16 человек.

Предусмотрен необходимый набор помещений для организации

учебного процесса: учебные классы (физика, химия, математика, русский язык, иностранный язык, биология, география, трудовое обучение, информатика, история, литература, черчение и т.д.); актовый зал на 240 мест, спортивный зал с раздевалками и душевыми, библиотека с читальным залом и книгохранилищем, столовая с обеденным залом на 132 посадочных места, методические помещения, учительская, медицинский блок, гардеробные, хоз. помещения, сан. узлы, инвентарные.

В школе предусмотрены помещения для охраны (видеонаблюдение) и серверных для электронных систем видеонаблюдения, противопожарных и антитеррористических систем.

В основу учебных помещений положен принцип универсального учебного кабинета, рассчитанного на организацию фронтальных, групповых и индивидуальных форм работы.

«Все учебные классы включают: рабочую зону для учеников, рабочую зону для учителя, дополнительное пространство для установки пристенных универсальных шкафов, для хранения в них учебно-наглядных пособий, технических средств обучения (ТСО). Площадь учебных кабинетов принята не менее 2,5 м<sup>2</sup> на одного обучающего для фронтальных форм занятия. В лаборантских, учебных кабинетах (химия, физика, биологии), мастерских, кабинетах домоводства, во всех помещениях медицинского назначения установлены раковины» [15].

В кабинетах для практических занятий (химия, физика, биология) предусмотрены демонстрационные столы на подиуме со встроенными раковинами. Кабинет и лаборантская химии оборудованы вытяжными шкафами, шкафами для хранения химических реактивов. В кабинете для практических занятий химии предусмотрены специальные парты с подводом сантехники. В кабинете для практических занятий физики предусмотрены парты с розетками и бортиком. При кабинетах химии, физики и биологии оборудованы лаборантские.

Во всех учебных кабинетах есть возможность проведения

дистанционных занятий и консультаций в он-лайн режиме (для длительно болеющих обучающихся, находящихся на лечении, обучающихся с ограниченными возможностями здоровья). Также все учебные помещения оснащены современными мультимедиа средствами и предусмотрено подключение к сети интернет.

Классные доски, не обладающие собственным свечением, оборудуются местным освещением - софитами, предназначенными для освещения классных досок.

Для обучения школьников компьютерной грамотности организован кабинет информатики. Установлены компьютерные столы с компьютерами.

В мастерских по обработке древесины и металла установлены верстаки слесарные, токарный деревообрабатывающий станок, от станков предусмотрена вытяжка стружки при помощи промышленного пылесоса.

В мастерской по обработке тканей установлены швейные столы со швейными машинками. В помещении обучения навыкам приготовления пищи предусмотрены: плиты бытовые электрические, над которыми установлены вытяжки бытовые; разделочные столы, 2-х секционные мойки для посуды, холодильник, шкаф для хранения посуды.

В школе предусмотрена библиотека с читальным залом на 40 мест и книгохранилищем. В библиотеке предусмотрено зонирование помещения по видам деятельности с учетом индивидуального подхода к обучающимся: читальный зал, зона IT, демонстрационное пространство [21]. Согласно СП 59.13330.2012, для инвалидов по зрению в читальном зале, предусматривается дополнительное освещение рабочих мест.

В кабинете информатики есть возможность проведение кружка робототехники.

Актальный зал предусмотрен на 240 посадочных места.

Предусмотрен переносной видеопроектор, оборудование для звукового сопровождения. На сцене размещен проекционный экран, цифровое пианино, микрофоны и стойки для них. Возле сцены расположены две колонки,

направленные в зал.

Производственный процесс приготовления питания организован таким образом, чтобы соблюдались технологические потоки движения сырья и готовой продукции в соответствии с санитарными нормами. Сырье, поступающее в столовую, хранится в холодильных шкафах: среднетемпературных (0 °С до +5 °С) и в шкафах низкотемпературных (0 °С до -18 °С). Во всех производственных цехах установлены шкафы холодильные [19].

Для подготовки картофеля установлена картофелеочистительная машина, в мясорыбном цехе – мясорубка электрическая, в овощном цехе - овощерезка. Для окончательной тепловой обработки в горячем цехе установлены: плиты электрические с жарочными шкафами, сковорода электрическая многофункциональная, пароконвектомат, котел электрический варочный и жарочный шкаф. Над тепловым оборудованием установлены местные вентиляционные короба.

При проектировании объекта в электротехнической части разработаны решения:

- силового электрооборудования;
- внутреннего электроосвещения;
- уравнивание потенциалов, заземления;
- молниезащиты.

Целью бакалаврской работы является проектирование надежной и экономичной системы электроснабжения средней общеобразовательной школы в городе Усть-Кут Иркутской области.



Категория надежности электроснабжения здания школы – II, отдельно стоящего гаража - III. Потребители первой категории надежности электроснабжения питаются от ВРУ с устройством АВР. В качестве резервного источника питания принимается ДГУ – 300кВт.

Схема электроснабжения здания выполняется по магистрально-радиальной схеме. «Система электроснабжения предназначена для обеспечения высококачественного электропитания оборудования систем инженерного обеспечения, как в нормальных условиях, так и в случаях аварийных ситуаций» [1].

Выводы по разделу.

Питание электроприемников здания школы выполняется от существующей трансформаторной подстанции ТП-85. Категория надежности электроснабжения здания школы – II, отдельно стоящего гаража - III. Потребители первой категории надежности электроснабжения питаются от ВРУ с устройством АВР. В качестве резервного источника питания принимается ДГУ – 300кВт.

Схема электроснабжения здания выполняется по магистрально-радиальной схеме.

## 2 Определение расчетных электрических нагрузок по зданию школы

Питание наружного освещения осуществляется от шин ВРУ1 школы.

Согласно п. 7.1.9 СП 256.1325800.2016 мощность резервных электродвигателей и противопожарных устройств при расчете электрических нагрузок питающих линий и вводов в здание не учитывается [20].

К потребителям электрической энергии в здании относятся электроприемники: освещение помещений, бытовые приборы, технологическое оборудование кухни и учебных классов, сантехническое, вентиляционное электрооборудование.

«Принята система заземления: TN-C-S с нулевым рабочим и нулевым защитным проводниками (N и PE), работающими раздельно» [6].

«Расчет электрических нагрузок выполнен по удельным показателям и расчетным коэффициентам, приведенным в СП 256.1325800.2016» [20].

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки  $P_{p.p}$ , следует определять по формуле» [20]:

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

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» [20].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку  $P_{p.o}$ , следует определять по формуле» [20]:

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

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

$P_{p.p}$  - расчетная нагрузка розеточной сети» [20].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов  $P_{p.c}$ , следует определять по формуле» [20]:

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

где « $K_c$  - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$  - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [20].

«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» [20]:

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

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» [20].

Результаты определения расчетных нагрузок заносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчета электрических нагрузок на вводе в здание

Обозначение	Наименование электроприемников	Установочная мощность, кВт	Коэффициенты				Расчетная мощность			Расчетный ток I <sub>p</sub> , А
			Коэффициент спроса K <sub>c</sub>	Коэффициент мощности cosφ	Коэффициент реактивной мощности tgφ	Коэффициент несовпадения максимумов нагрузок	Активная P <sub>p</sub> , кВт	Реактивная Q <sub>p</sub> , квар	Полная S <sub>p</sub> , кВА	
II категория										
Щ01-Щ09	Электроосвещение	88,4	0,85	0,96	0,29	-	75,1	21,8	78,2	-
Щ01-Щ09	Бытовые розеточные сети	64	0,3	0,95	0,33	-	19,2	6,3	20,2	-
ШВ	Общеобменная вентиляция	53,6	0,62	0,85	0,62	-	33,2	20,6	59,4	-
ЩСГ1, ЩСГ2, ЩСХ, ЩС4	Технологическое оборудование столовое	158//	0,35	0,95	0,33	-	55,5	18,3	58,4	-
ЩУ, ЩСОВ, ЩУНО	Актовый зал, обогрев воронок, наружное освещение	10,8	1,0	0,85	0,62	-	10,8	6,7	12,7	-
ЩС1-ЩС3, ЩК	Оборудование классов	37,4	0,7	0,95	0,33	-	26,2	8,7	27,6	-
I категория										
ЩОА	Аварийное освещение	8,0	1,0	0,96	0,29	-	8,0	3,4	8,7	-
ЩС-ИТП	Щит теплового пункта	1,0	1,0	0,8	0,75	-	1,0	0,8	1,25	-
АРК	Пожарно-охранные системы	1,0	1,0	0,9	0,48	-	1,0	0,5	1,11	-
-	Лифт	7,9	1,0	0,66	1,17	-	7,9	9,2	12,2	-
ШВду1, ШВду2	Дымоудаление, подпор	112,9	1,0	0,8	0,75	-	112,9	84,7	141,	-

Продолжение таблицы 2

Обозначение	Наименование электроприемников	Установочная мощность, кВт	Коэффициенты				Расчетная мощность			Расчетный ток I <sub>p</sub> , А
			Коэффициент спроса K <sub>c</sub>	Коэффициент мощности cos φ	Коэффициент реактивной мощности tg φ	Коэффициент несовпадения максимумов нагрузок	Активная P <sub>p</sub> , кВт	Реактивная Q <sub>p</sub> , квар	Полная S <sub>p</sub> , кВА	
Щсер	Щит IT- администратора	3,0	1,0	0,92	0,43	-	3,0	1,3	3,3	-
ШВР	Щит гаража	21,4	0,85	0,95	0,33	-	18,2	6,0	19,2	-
-	Итого (нормальный режим)	454,2	-	0,95	0,33	-	258,1	85,2	271,7	413
-	Итого (аварийный режим)	121,5	-	0,8	0,75	-	121,9	91,4	152,4	231,8

Выводы по разделу.

К потребителям электрической энергии в здании относятся электроприемники: освещение помещений, бытовые приборы, технологическое оборудование кухни и учебных классов, сантехническое, вентиляционное электрооборудование.

Расчетные нагрузки по зданию школы составили:

- ВРУ1 – 220 кВт;
- ВРУ2 – 19,9 кВт (нормальный режим), 121,9 кВт (аварийный режим);
- ВРУ3 (ШВР гараж) – 18,2 кВт.

Напряжение питания силовых электроприемников и освещения – 230/400В. Коэффициент мощности  $\cos \varphi / \operatorname{tg} \varphi$  – 0,95 / 0,33.

Суммарная мощность на шинах ТП составляет:

- $P_{\text{сум ТП}} = 258,1 \text{ кВт}$ .

### 3 Определение требований к надежности электроснабжения и качеству получаемой электроэнергии

Категория надежности электроснабжения здания школы - II, отдельно стоящего гаража - III.

Электроприемники I категории электроснабжения запитаны от ВРУ с АВР. К I категории относятся: лифт, приборы охранно-пожарной сигнализации, электрооборудование теплового пункта, аварийное освещение, устройства противодымной вентиляции, оборудование серверной. Потребители I категории надежности электроснабжения гаража (клапаны противопожарных систем) запитаны через ИБП (SKAT-UPS 500/300+АКБ-7), установленный в щите ЩМП-2 (IP54).

Внешний вид ИБП SKAT-UPS 500/300 приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 - Внешний вид ИБП SKAT-UPS 500/300

Качество электроэнергии соответствует нормам, установленным в ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Нормы качества электроэнергии электроснабжения общего назначения» [11]. «Потеря напряжения в сетях электроснабжения не превышает 5%» [5].

Выводы по разделу.

К I категории относятся: лифт, приборы охранно-пожарной сигнализации, электрооборудование теплового пункта, аварийное освещение, устройства противодымной вентиляции, оборудование серверной.

#### 4 Проектирование системы электроснабжения здания школы

Электроприемники здания запитаны от ВРУ1, ВРУ2 (с АВР), ВРУ3 (ШВР гараж).

На рисунках 3 и 4 приведены принципиальные схемы распределительных сетей ВРУ1 и ВРУ2 соответственно.

Главные распределительные щиты здания состоят из панелей одностороннего обслуживания - ВРУ-1Д-400-102 (ВУ1), ПР8503-1215-1УХЛ3 (РУ1), ПР8503-2020-1УХЛ3 (РУ2), панелей ВРУ-1Д-250-105 с АВР (ВУ-2) и распределительного щита ПР8503-1011-1УХЛ3 (РУ3), щита ЩРн-24 (ШВР гаража). Вводные и распределительные щиты устанавливаются в электрощитовой в подвальном помещении. Групповые щиты приняты навесные распределительные типа ЩРн производства «ИЭК». «Групповые щиты устанавливаются в удобных для эксплуатации местах либо в специально выделенных помещениях. Степень защиты оболочек щитов соответствует условиям среды помещений» [14]. Степень защиты оболочек щитов ЩСГ1, ЩСГ2, ШСХ, ЩС1, ЩС2, ЩС3, ЩС4 приняты со степенью защиты IP54.

Питание потребителей гаража предусматривается от ВРУ3 (ШВР). Щиты ШВР, ШВ приняты навесные распределительные типа ЩРн-24з-036УХЛ3 производства «ИЭК», устанавливаются в помещении гаража.

«Потребители I, II категории надежности электроснабжения питаются от ВРУ1, ВУ2-АВР. В нормальном режиме ВРУ1, ВУ2-АВР питается по рабочему кабельному вводу от ТП-85. В случае аварии:

- потребители I, II категории переключаются автоматически на резервный кабельный ввод электропитания от ДГУ» [8].

Потребители III категории надежности электроснабжения гаража питаются от щита ШВР (ВРУ3). В нормальном режиме ШВР питается по рабочему вводу. В случае аварии, перерыв электроснабжения не превышает 24 часов.



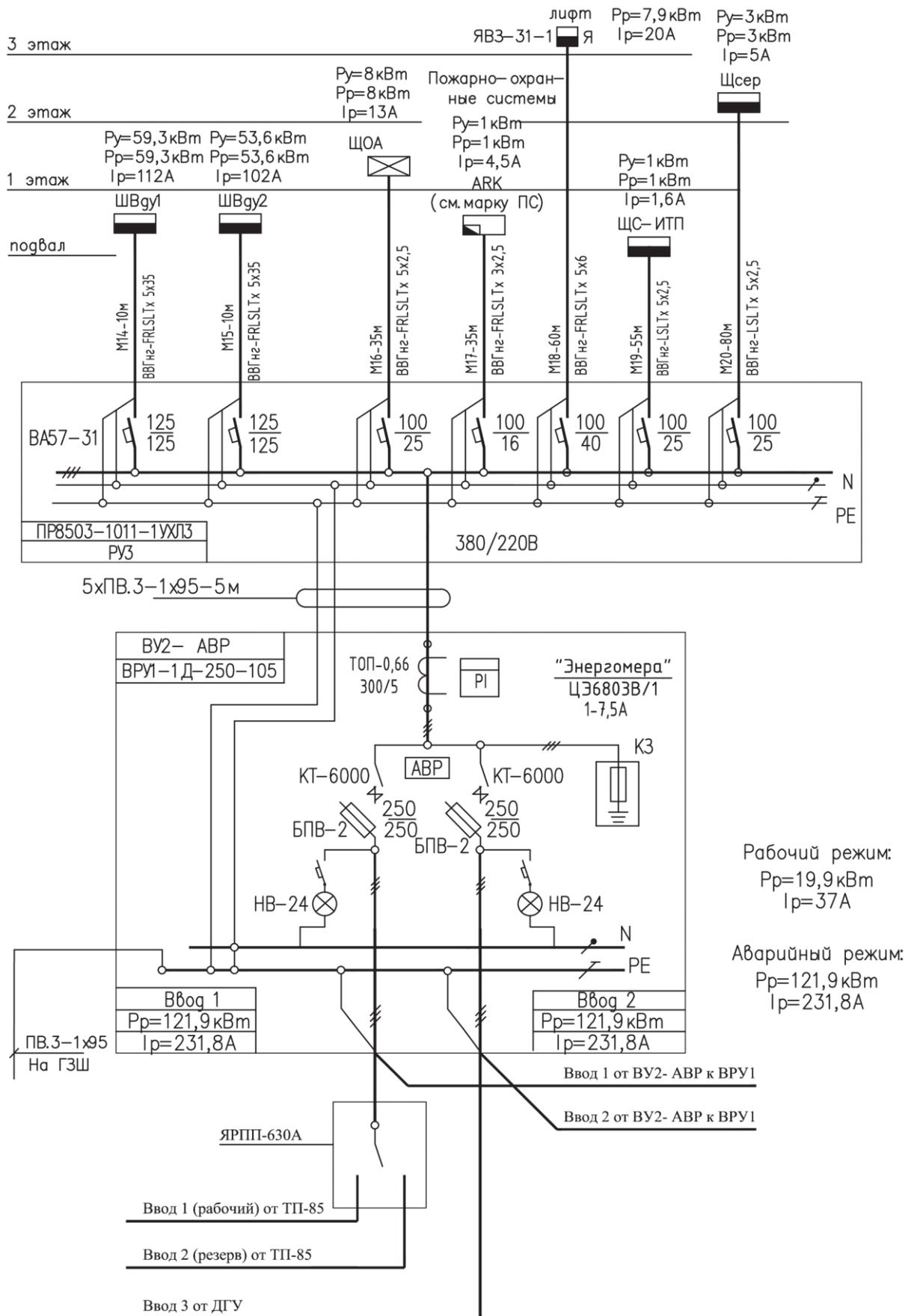


Рисунок 4 - Принципиальная схема распределительных сетей ВРУ2

«Защита от сверхтоков предусматривается на силовых щитках - автоматическими выключателями с комбинированными расцепителями, на вводных, распределительных устройствах – предохранителями, автоматическими выключателями» [9].

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

– по номинальному напряжению» [16]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (5)$$

– «по номинальному току» [16]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (6)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [16]:

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

где « $I_{КЗ}^{(3)}$  – периодическая составляющая трехфазного тока КЗ» [16].

«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» [16]:

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

где « $I_y$  – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$  – пусковой ток двигателя;

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

$k_n$  - принимается равным 1,1 - 1,5» [16].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [16]:

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

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

$t_{ni}$  – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [16].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [16]:

$$t_{cp} > t_{доп},, \quad (10)$$

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

$t_{доп}$  – допустимое время отключения в соответствии с ПУЭ» [16].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [16]:

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

$$I_2 \leq 1,45 I_{дон}, \quad (12)$$

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

$I_{np}$  – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$  – допустимый ток кабеля;

$I_2$  – ток, обеспечивающий надежное срабатывания устройств защиты» [16].

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

Проверка на селективность. В соответствие с ПУЭ защита в низковольтных сетях должна быть селективной» [16].

Выбранные типы, номинальные токи и токи расцепителей обозначены на листах графического материала работы.

«В качестве дополнительной меры для защиты от поражения электрическим током на групповых розеточных линиях, питающих переносные электроприемники, предусматривается установка дифференциальных автоматических выключателей типа АВДТ, которые выполняют защиту цепей от коротких замыканий, перегрузок, защиту людей от поражения электрическим током при прямых контактах с токопроводящими частями.

Технологическое оборудование приточно-вытяжных систем поставляется со шкафами управления» [10].

В работе предусмотрено отключение вентсистем при пожаре от прибора ОПС. В работе предусмотрено автоматическое включение системы противодымной вентиляции при пожаре от пожарной сигнализации.

Согласно требованиям статьи 85 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;

п. 7.20 СП 7.13130.2013 системы приточно-вытяжной противодымной вентиляции имеют автоматический и дистанционный ручной привод исполнительных механизмов и устройств противодымной вентиляции. Автоматическое управление исполнительными элементами оборудования противодымной вентиляции обеспечивается при срабатывании автоматической установки пожарной сигнализации. Дистанционное ручное управление осуществляется с пульта дежурной смены в помещении охраны и от кнопок, установленных у эвакуационных выходов с этажей.

«Распределительные линии питания электроприемников систем противопожарной защиты выполняются самостоятельными для каждого электроприемника» [24]. В цепях управления автоматическими установками пожаротушения аппараты тепловой и максимальной защиты не устанавливаются.

В работе также предусмотрена запитка электропривода наружной двери для компенсации воздуха, удаляемого системой дымоудаления из форума-рекреации. Открывание двери предусмотрено автоматическое с опережением включения системы вытяжной противодымной вентиляции.

Оборудование и розетки в учебных классах запитываются от щитков, расположенных в этих классах возле столов преподавателей. Для отключения розеток на столах преподавателей устанавливаются кнопки аварийного отключения питания.

Для обогрева кровельных воронок устанавливается щит ЩСОВ. Питание щита осуществляется от ВРУ-1 кабелем марки ВВГнг-LSLTx-5×6мм<sup>2</sup>. Электропитание воронок и нагревающих кабелей, уложенных на кровле вокруг воронок, осуществляется кабелем ВВГнг-LSLTx-3×1,5мм<sup>2</sup> прокладываемым открыто по кровле - в стальных трубах Т26. Термостат устанавливается в щите ЩСОВ. Температурный датчик запитывается кабелем ШВВП-2×0,5 мм<sup>2</sup>. Датчик крепится на парапете кровли с помощью опорного кронштейна.

Электрооборудование и материалы должны быть стойкими к

воздействию окружающей среды или должны быть защищены от этого воздействия.

«Применяемое электрооборудование и материалы должны соответствовать требованиям государственных стандартов или техническим условиям на их изготовление» [2].

Согласно расчету нагрузок, компенсация реактивной мощности не требуется. В данной работе вопросы релейной защиты, автоматизации, диспетчеризации не рассматриваются.

«На вводе вводного устройства ВРУ1, ВУ2-АВР учет электрической энергии осуществляется трехфазными электронными счетчиками, подключаемыми через трансформаторы тока по одноставочному тарифу» [23].

На вводе вводного устройства ШВР (ВРУ3) установка счетчика не предусмотрена.

Учет электроэнергии выполняется трехфазными электронными счетчиками, подключаемыми через трансформаторы тока по одноставочному тарифу на отходящих к ВРУ школы линиях в РУ-0,4кВ ТП- 85.

В качестве мер по обеспечению энергоэффективности в данной работе предусмотрено [25]:

- применение светодиодных светильников;
- учет потребляемой электроэнергии;
- «выбраны оптимальные, с точки зрения потерь электроэнергии, сечения кабелей;
- приняты кабели с медными жилами;
- установка современных аппаратов и материалов» [26].

Выводы по разделу.

Электроприемники здания школы запитаны от ВРУ1 и ВРУ2 с АВР, гараж от ВРУ3. «Защита от сверхтоков предусматривается на силовых щитках - автоматическими выключателями с комбинированными расцепителями» [1]. Для защиты от поражения электрическим током на групповых розеточных линиях предусматривается установка дифференциальных автоматических

выключателей типа АВДТ.

Вводные и распределительные щиты устанавливаются в электрощитовой в подвальном помещении. Групповые щиты приняты навесные распределительные типа ЩРн. Групповые щиты устанавливаются в удобных для эксплуатации местах либо в специально выделенных помещениях.

В качестве мер по обеспечению энергоэффективности в данной работе предусмотрено:

- применение светодиодных светильников;
- организация учета потребляемой электроэнергии;
- выбор оптимальных, с точки зрения потерь электроэнергии, сечений кабельных линий;
- выбор кабелей с медными жилами;
- установка современных аппаратов и материалов.

## **5 Проектирование систем заземления и молниезащиты здания школы**

### **5.1 Заземление**

Для здания школы принята система заземления типа TN-C-S.

«Главная заземляющая шина ГЗШ школы устанавливается на изоляторах на высоте 1 м от пола в электрощитовой. ГЗШ должна быть обозначена на обоих концах продольными или поперечными полосами желто-зеленого цвета одинаковой ширины» [18]. В гараже в качестве ГЗШ принята РЕ-шина ВРУЗ (щит ШВР).

В работе предусмотрено повторное заземление нулевого провода на вводе в здание, которое объединяется с контуром молниезащиты. Необходимо соединить ГЗШ с контуром заземления путем прокладки двух стальных полос 5×40мм.

«В объем работ, обеспечивающих в электроустановке школы, гаража уравнивание потенциалов, входит ГЗШ, проводники уравнивания потенциалов, наружное заземляющее устройство» [6].

К ГЗШ должны быть присоединены: заземляющий проводник, защитные проводники электроустановки, главные проводники системы уравнивания потенциалов, прокладываемые от сторонних проводящих частей: металлоконструкций здания, металлических труб инженерных систем, входящих в здание, металлических коробов для электропроводок, металлических коробов вентсitem, направляющие лифта.

«В соответствии с пунктом 7.1.88 «Правил устройства электроустановок» седьмого издания выполняется дополнительная система уравнивания потенциалов, предусматривающая металлическое соединение металлических труб и сторонних проводящих частей» [12].

На рисунке 5 приведена схема заземления, системы уравнивания потенциалов и молниезащиты.



«Указанные соединения выполняются в пластмассовой коробке с медной шиной, монтируемой на высоте 0,8 м от пола» [6]. Данная система предусматривается в душевых, моечных, комнатах уборочного инвентаря.

Также, дополнительная система уравнивания потенциалов выполняется в тепловом пункте, венткамерах, горячем цехе, компьютерном классе. В данных помещениях необходимо проложить стальную полосу 4×40мм на высоте 150 мм от уровня пола. «К полосе должны быть приварены все доступные для прикосновения металлические части» [12]. Шина выравнивания потенциалов соединяется с РЕ-шиной групповых щитов кабелем ВВГ-1×2,5мм<sup>2</sup>, ВВГ-1×6мм<sup>2</sup>, ВВГ-1×16мм<sup>2</sup>.

Контактные соединения выполняются по классу 2 в соответствии с требованиями ГОСТ 10434-82 «Соединения контактные электрические».

«Сопротивление одного вертикального электрода из угловой стали» [6]:

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

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

$l$  – длина вертикального заземлителя;

$b$  – ширина полки уголка;

$t'$  – глубина заложения верха заземлителя» [6];

«Находим глубину заложения верха заземлителя» [6]:

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

где « $t_0$  – глубина заложения вершины вертикального заземлителя» [6];

«Сопротивление вертикальных электродов при коэффициенте использования нормативном коэффициенте использования» [6]:

$$R_g = \frac{R_{го}}{\eta_g \cdot n_g}, \quad (15)$$

где « $\eta_g$  – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [6];

«Сопротивление горизонтального электрода из оцинкованной полосы для 2-ой климатической зоны» [6]:

$$R_z = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.з}}{l_z} \cdot \lg \frac{2l_z^2}{b \cdot t_0}, \quad (16)$$

где « $l_z$  – длина горизонтального заземлителя;

$b$  – ширина полосы горизонтального заземлителя;

$t_0$  – глубина заложения горизонтального заземлителя» [6];

«Расчетное результирующее сопротивление  $R_u$  заземляющего устройства» [6]:

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

«Повторное заземляющее устройство здания школы, гаража выполнено из стальных электродов  $d=18$ мм,  $L=3$ м, и стальной полосы  $40 \times 5$  мм, прокладываемой на глубине 0,5 м от уровня земли» [6]. ГЗШ соединяется двумя стальными полосами  $40 \times 5$  мм с заземляющим устройством.

Заземляющее устройство контейнера ДГУ выполнено из стальных электродов  $d=18$ мм,  $L=3$ м, и стальной полосы  $40 \times 5$  мм, прокладываемой на глубине 0,5 м от уровня земли. Контейнер ДГУ соединяется двумя стальными полосами  $30 \times 5$  мм с заземляющим устройством. Сопротивление заземляющего устройства ДГУ не должно превышать 4 Ом. При несоответствии сопротивление контура довести до нормативного добивкой дополнительных электродов. Для защиты от попадания молнии контейнер

ДГУ соединить с контуром заземления. Монтаж заземляющих устройств выполнить согласно «Инструкции по устройству сетей заземления и молниезащите».

## **5.2 Молниезащита**

В данной работе рассматривается вопрос молниезащиты здания школы, гаража. Проектирование выполняется на основе СО-153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений», Правила устройства электроустановок седьмого издания [18].

В соответствии с данными документами для молниезащиты здания необходимо выполнить молниеприемную сетку на плоской кровле из стальной проволоки диаметром 8 мм, прокладываемой под пароизоляцией кровли и соединенной с арматурой ж/б колонн здания сталью круглой  $d=8\text{мм}$ . Шаг ячеек сетки составляет  $12\times 12$  м. Узлы сетки соединить сваркой. В качестве вертикальных токоотводов используется арматура колонн здания. В качестве контура молниезащиты необходимо проложить в земле по периметру здания сталь  $40\times 5\text{мм}$  и соединить сваркой с арматурой колонн.

«Выступающие над кровлей металлические элементы (трубы, шахты вентиляции, профлист) присоединить к сетке сталью круглой при помощи сварки или сжимов. Все соединения предусматриваются в строительной части проекта» [13]. Для молниезащиты гаража используется металлический профлист кровли.

В качестве вертикальных токоотводов используются металлические колонны здания. Сталью диаметром 8мм необходимо соединить молниеприемную сетку с металлическими колоннами. В качестве контура молниезащиты принят горизонтальный контур из полосы  $40\times 5$ , проложенный в траншее на глубине 0,5 м от уровня земли по периметру здания. Контур молниезащиты объединен с контуром заземления гаража.

Защита от заноса высокого потенциала по подземным коммуникациям

осуществляется присоединением их на вводе в дом к заземлителю.

Выводы по разделу.

Для здания школы принята система заземления типа TN-C-S.

Произведен расчет системы заземления здания.

Заземляющее устройство здания школы, гаража выполнено из стальных электродов  $d=18\text{мм}$ ,  $L=3\text{м}$ , и стальной полосы  $40\times 5\text{ мм}$ , прокладываемой на глубине  $0,5\text{ м}$  от уровня земли. ГЗШ соединяется двумя стальными полосами  $40\times 5\text{ мм}$  с заземляющим устройством.

«В соответствии с инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений для молниезащиты здания необходимо выполнить молниеприемную сетку на плоской кровле из стальной проволоки диаметром  $8\text{ мм}$ » [18].

## 6 Выбор проводников

«Групповые осветительные и силовые сети выполнены кабелем марки ВВГнг-LSLTx прокладываемым:

- в помещениях электрощитовой, технических помещениях открыто по стенам и потолку;
- в остальных общедоступных помещениях здания – частично скрыто в штрабах стен под штукатуркой, частично скрыто в гофрированных трубах за перегородками из ГВЛ и за подвесным потолком, частично открыто в кабель-каналах по потолку;
- вертикальные стояки скрыто в виниловых трубах» [4].

Распределительные электрические сети выполнены кабелем ВВГнг-LSLTx, проложенным:

- в подвале в металлических коробах; кабели для противопожарных электроприемников в отдельных глухих металлических коробах;
- вертикальные стояки скрыто в виниловых трубах.

На рисунке 6 приведен внешний вид выбранного кабеля ВВГнг-LSLTx.

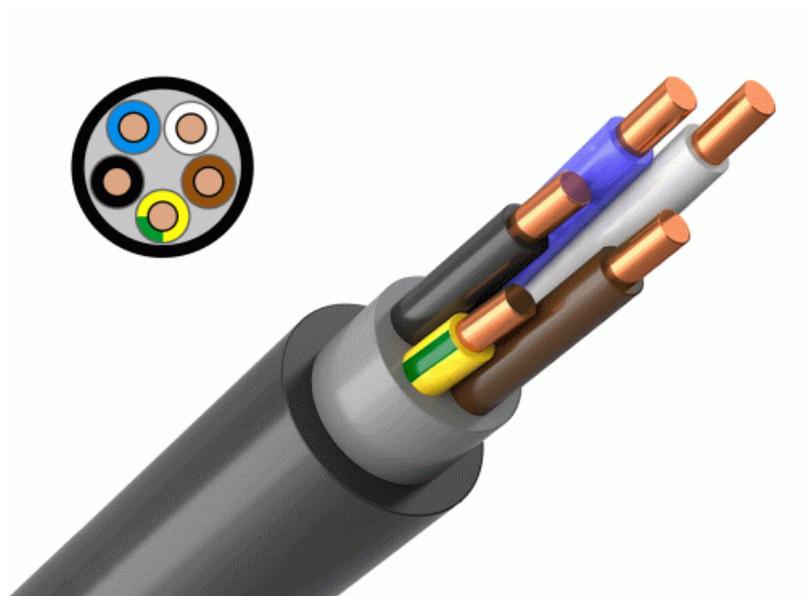


Рисунок 6 - Внешний вид выбранного кабеля ВВГнг-LSLTx

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [9]:

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

где « $k_1$  - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды;

$k_2$  - поправочный коэффициент на термическое сопротивление грунта;

$k_3$  - поправочный коэффициент на количество групп кабелей;

$k_4$  - поправочный коэффициент на способ прокладки кабелей» [9].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле» [9]:

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

где « $I_{\text{расч}}$  - расчетный ток, А;

$L$  - длина линии, м;

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

$S$  - сечение провода, мм» [9].

«Групповые и распределительные сети, питающие электроприемники I категории выполнены кабелем с негорючей самозатухающей изоляцией низким дымо- и газовыделением марки ВВГнг-FRLSLTx. Кабели систем противопожарной защиты (СПЗ) выполняются огнестойкими кабельными линиями (ОКЛ) и прокладываются отдельно от других кабелей в отдельных коробах и кабельных конструкциях в соответствии с требованиями п.4.8, 4.9 СП6.13130-2013, ГОСТ Р53316. Прокладка данных кабелей совместно с другими кабелями не допускается» [24]. На рисунке 7 приведен план прокладки силовых и осветительных сетей в гараже.



«Групповые осветительные и силовые сети гаража выполнены кабелем марки ВВГнг-LS, прокладываемым открыто в гофрированных трубах по стенам и потолку.

Проходы кабелей через перекрытия и стены выполняются в отрезках стальных труб с последующей заделкой зазоров легко удаляемой массой из негоряемого материала (терморасширяющаяся противопожарная мастика СР 611А производства Hilti)» [24].

Выводы по разделу.

Групповые осветительные и силовые сети, а также распределительные сети выполнены кабелем марки ВВГнг-LSLTx.

Сечения кабельных линий были определены с учетом поправочных коэффициентов на температуру окружающей среды, способ прокладки и количество проложенных кабелей. Все кабели прошли проверку по потерям напряжения.

## 7 Расчет системы искусственного электрического освещения здания школы

### 7.1 Внутреннее освещение

Освещение помещений школы и гаража выполнено согласно СП52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение».

Освещенность помещений школы и гаража принята согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

«Выбор светильников произведен в соответствии с назначением помещений и характеристикой среды, нормируемыми освещенностями для каждого помещения школы и гаража. Цветовая температура применяемых светильников 4000 К, что соответствует белому спектру цветоизлучения. Коэффициент естественного освещения 1,3%» [22].

Расчет освещения выполнен по методу удельной мощности и коэффициента использования.

«Индекс помещения  $i$  определяется по выражению» [22]:

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

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

$H_p$  - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [22].

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [22]:

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

где « $N$  - число светильников;

$n$  - число ламп в светильнике;  
 $\Phi_{\text{л}}$  - световой поток лампы;  
 $\eta$  - коэффициент использования;  
 $k$  - коэффициент запаса;  
 $S$  - площадь помещения» [22].

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

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [22]:

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

где « $P_{\text{нл}}$  - мощность одной лампы» [22].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания  $N_B$ » [22]:

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

«Определяем число светильников в каждом ряду  $N_A$ » [22]:

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

«Определяем расстояние между светильниками  $L$  и расстояние от крайнего ряда светильников до стены  $l$ » [22]:

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

Освещенность в электрощитовой - 75лк, в венткамерах - 50лк, в санузлах, душевых, кладовых, холодильных камерах, в книгохранилищах, в

гараже - 75лк, на лестничных клетках, в санузле для МГН – 100лк, в холлах, в коридорах - 150лк, в тепловом пункте - 150лк, в техподполье - 20лк, в классах, в лабораториях, в кабинете информатики - 400лк, в процедурной, в прививочной, в медицинских кабинетах - 500лк, в спортзале, в обеденном зале, в зрительном зале - 200лк, в кабинете технического черчения - 500лк, в раздевалках - 200лк, в гардеробе -150лк, в артистических - 300лк, в цехах кухни - 200лк, в горячем цехе - 300лк, класная доска – 500лк.

В здании школы предусмотрены следующие виды освещения:

- рабочее - напряжение у ламп 220В;
- ремонтное - напряжение у ламп 36В.
- аварийное (эвакуационное)- напряжение у ламп 220В.

«Согласно пунктам 7.104 -7.114 СП52.13330.2016 в здании школы и гаража выполняется аварийное (эвакуационное) освещение, которое подразделяется на: освещение путей эвакуации, эвакуационное освещение зон повышенной опасности, эвакуационное освещение больших площадей (антипаническое освещение). Для освещения путей эвакуации применяются светильники, выделенные из числа светильников рабочего освещения и подключенные от щита аварийного освещения. Освещение путей эвакуации выполняется по основным коридорам, проходам, лестничным клеткам, около пунктов мед. помощи, в местах размещения средств пожаротушения, плана эвакуации, средств экстренной связи, в лифтовом холле» [22].

«Эвакуационное освещение зон повышенной опасности выполняется в производственных цехах кухни, в классах изучения технологии, в электрощитовой, тепловом пункте. Для эвакуационного освещения зон повышенной опасности применяются светильники, выделенные из числа светильников рабочего освещения и подключенные от щита аварийного освещения» [7]. Антипаническое освещение выполняется в больших помещениях (классы, актовый зал, спортзал, обеденный зал, зал библиотеки, помещения для МГН).

Для антипанического освещения применяются светильники,

выделенные из числа светильников рабочего освещения, а также светильники ДПА5040 (ИЭК) и подключенные от щита аварийного освещения. Внешний вид светильника ДПА5040 (ИЭК) приведен на рисунке 8.



Рисунок 8 - Внешний вид светильника ДПА5040 (ИЭК)

Данные светильники предназначены для обеспечения аварийно-эвакуационного освещения в общественных, административных помещениях со средним уровнем содержания влаги и пыли, а также могут использоваться для указания направления эвакуации при наличии пиктограмм (в комплект не входят). Аварийная работа светильников осуществляется от встроенного (незаменимого) аккумулятора, рассчитанного на 3 часа непрерывной работы.

Также в здании школы запроектированы световые указатели для обозначения эвакуационных выходов, направлений эвакуации, поста мед. помощи, мест размещения средств пожаротушения, средств экстренной связи. В качестве световых указателей применены светодиодные светильники МИНИ-220 (производство «Электротехника и Автоматика»), ССА1001 с соответствующими пиктограммами, с встроенными аккумуляторами для автономной работы 4ч. На аварийные светильники, выделенные из числа рабочих, необходимо нанести букву «А» красного цвета.

«По степени надежности обеспечения электроэнергией рабочее электроосвещение относится ко II категории, аварийное – к I-ой» [22].

В электрощитовой, венткамерах, тепловом пункте, гараже, кабинетах металлообработки и деревообработки предусматривается рабочее освещение и ремонтное освещение от ящика ЯТП 0,25 - 14У3 (220/36В).

В качестве групповых щитков освещения ЩО1-ЩО9 приняты щитки фирмы ИЕК марки ЩРн. Щитки устанавливаются в коридорах. Питание аварийного освещения осуществляется от щитка ЩОА марки ЩРн, установленного в комнате охраны. Степень защиты щитков должна быть не ниже IP54.

В качестве источников света помещений школы и гаража используются светодиодные светильники и светильники со светодиодными лампами.

В медицинском блоке: процедурной, прививочной, стоматологическом кабинете, в холодном цехе кухни, овощном, мясорыбном, обработке яиц предусмотрены бактерицидные облучатели. Подключение выполняется от сети освещения.

Для помещений, отнесенных к пожароопасным зонам П-Па, светильники приняты со степенью защиты не ниже IP23 и негорючими рассеивателями в виде сплошного силикатного стекла.

«Управление освещением во всех помещениях осуществляется выключателями, установленными по месту и со щитов освещения. В санузлах, душевых и кладовых - выключателями, установленными вне помещений около дверей» [7]. Управление освещением спортзала осуществляется дистанционно из кабинета инструктора. Управление аварийным освещением осуществляется дистанционно автоматическими выключателями с щита аварийного освещения.

«Выключатели и розетки в помещениях пребывания детей должны устанавливаться на высоте 1,8м от пола» [21]. Розетки должны иметь защитные шторки.

Для обеспечения доступности МГН в здание по требованиям СП 59.13330-2016 учтены следующие мероприятия:

- освещённость места изменения уклона пандуса принята не менее 100

- лк (п.5.1.16);
- предусмотрена система аварийного освещения в помещениях массового посещения, зон безопасности, входных зон, где могут оказаться МГН (п. 5.3.1);
  - освещённость на путях эвакуации МГН увеличена на 1 ступень относительно требования СП 52.13330 -2016 (п. 6.2.32);
  - в помещениях для МГН выключатели установлены на высоте 1м от уровня пола, розетки – 0,8м от уровня пола (п. 6.4.2);
  - перепад освещенности между соседними помещениями и зонами не более 1:4;
  - в актовом зале в зоне зрительских мест пандусы и ступени с подсветкой;
  - в читальном зале библиотеки выполнено дополнительное освещение по периметру над рабочим местом для инвалидов по зрению. В зоне обслуживания лиц с недостатками зрения читательские места и стеллажи со специальной литературой оборудованы добавочным освещением. Освещенность читательского стола этой зоны – 1000 лк.

В гараже выполнена система рабочего освещения светодиодными светильниками ДСП1306 (ИЭК), ЛУЧ-220-10Вт (Белый Свет).

## **7.2 Наружное освещение**

Освещенность наружного освещения составляет 10 лк. Мощность наружного освещения составляет 5,8 кВт.

«Подключение наружного электроосвещения осуществляется от ВРУ-1. Для питания и управления освещением в электрощитовой устанавливается шкаф управления наружным освещением ЩРНО. Управление наружным освещением осуществляется дистанционно кнопкой, установленной в помещении охраны» [22].

Питание шкафа выполняется кабелем марки ВВГнг-LSLTx -4×16мм.

Освещение территории застройки выполнено согласно СП52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение», СП 31-115-2006.

Освещенность составляет:

- основных проездов на территории здания - 4 лк;
- проезды второстепенные, в том числе тротуары - 2 лк;
- хозяйственные площадки и площадки при мусоросборниках - 2 лк;
- площадки для спортивных игр и отдыха обучающихся - 10лк;
- спортивные площадки, стадион - 50 лк;
- площадка для стоянки автотранспортных средств - 2 лк.

Расчет освещенности выполнен программой Light-in-Night 6.0 ЗАО НПСП «Светосервис».

Для освещения применены металлические опоры компании ЗАО ИЗНУ высотой 9м. Светильники приняты светодиодные марки Стандарт LED 240Вт и Стандарт LED 160Вт (Галад). Опоры устанавливаются в сверленные котлованы. Внешний вид выбранных светильников наружного освещения приведен на рисунке 9.



Рисунок 9 - Внешний вид выбранных светильников наружного освещения Стандарт LED 240Вт (Галад)

Питание выполняется кабелем марки АВБбШв-1,0-5×10мм, проложенным в земле в траншее.

Потеря напряжения до самого удаленного светильника не превышает 2,5%. Питание светильников осуществляется от автоматических выключателей, установленных в лючках в основании опор, гибким медным кабелем ВВГ-3×1,5мм, проложенным внутри металлических опор.

Кабели прокладываются в земле в траншее согласно А5-92 «Прокладка кабелей напряжением до 35кВ в траншее». При пересечении с инженерными коммуникациями кабели проложить в гибких двустенных гофрированных трубах наружным диаметром 63мм (ДКС).

«Расстояния по горизонтали между кабелями и другими инженерными коммуникациями должны соответствовать ПУЭ» [12].

Освещение пожарных гидрантов выполнено от ближайших к гидрантам опор наружного освещения, на которые нанесены светофлюоресцирующие таблички с надписью: «ПГ».

Для выполнения защитного заземления PEN проводник питающей линии подключен к заземляющему болту металлических опор наружного освещения согласно п.1.6.45 ПУЭ 7-е издание. Для защитного заземления арматура светильников присоединена к заземляющему винту корпуса светильника PEN проводника согласно п.1.6.38 ПУЭ 7-е издание.

Технические решения, принятые в настоящей работе, соответствуют действующим нормам и правилам, в том числе по взрывопожарной безопасности, и обеспечивают электробезопасность при эксплуатации здания.

Все электромонтажные работы выполняются согласно ПУЭ.

Выводы по разделу.

Выбор светильников произведен в соответствии с назначением помещений и характеристикой среды, нормируемыми освещенностями для каждого помещения школы и гаража. Цветовая температура применяемых светильников 4000 К, что соответствует белому спектру цветоизлучения.

В здании школы предусмотрены следующие виды освещения:

- рабочее;
- ремонтное - напряжение у ламп 36В.

– аварийное (эвакуационное).

Для антипанического освещения применяются светильники, выделенные из числа светильников рабочего освещения и подключенные от щита аварийного освещения, а в гараже светильники ДПА5040 со встроенными блоками бесперебойного питания, рассчитанными на 3 ч автономной работы.

В качестве групповых щитков освещения ЩО1-ЩО9 приняты щитки фирмы IEK марки ЩРн. Щитки устанавливаются в коридорах. Питание аварийного освещения осуществляется от щитка ЩОА марки ЩРн, установленного в комнате охраны.

Освещенность наружной территории составляет 10 лк, при мощности наружного освещения 5,8 кВт. Расчет освещенности выполнен в программе Light-in-Night. Светильники приняты светодиодные марки Стандарт LED 240Вт и Стандарт LED 160Вт фирмы Галад. Потеря напряжения до самого удаленного светильника не превышает 2,5%.

## 8 Источники внешнего электроснабжения

Категория электроснабжения - II. Расчетная мощность – 256,3 кВт.  
Напряжение питания - 400 В.

Основной источник питания – ТП-10/0,4кВ №85, РУ-0,4кВ. Резервный источник питания – проектируемая ДГУ -300кВт.

ТП-85 двухтрансформаторная – 2×630кВА. Категория надежности электроснабжения ТП-85 со стороны РУ-10кВ – III. В работе предусмотрена установка автоматических выключателей ВА57-39 в РУ-0,4кВ для защиты отходящих линий к школе и для контроля величины максимальной мощности. Согласно п.11.5 технических условий с разных секций шин РУ-0,4кВ существующей трансформаторной подстанции ТП-85 прокладываются два фидера КЛ-0,4кВ к ВРУ1 здания школы кабелями марки АВББШв – 1. Один фидер рабочий, второй резервный. «Сечение кабелей выбрано по токовой нагрузке, проверено по потере напряжения и на термическую устойчивость к токам короткого замыкания» [3].

Кабели прокладываются в земле в траншее согласно А5-92 «Прокладка кабелей напряжением до 35кВ в траншее». При пересечении с инженерными коммуникациями кабели прокладываются в гибких двустенных гофрированных трубах с наружным диаметром 110мм (ДКС). Для защиты от механических повреждений поверх кабелей в траншее укладывается сигнальная лента. Рабочие и резервные кабели проложены в разных траншеях, согласно технического циркуляра №16/2007 ассоциации «Розэлектромонтаж». Для обеспечения I, II категории надежности электроснабжения здания школы принята ДГУ – 350кВА заводского исполнения, модульного типа.

ДГУ принята к установке – Wilson P350– 350кВА заводской готовности. ДГУ выполнена в блок-контейнере, оборудованном системами жизнеобеспечения установки (собственные нужды). Уровень выдаваемого напряжения 400/230В.

Климатическое исполнение: от -50 до +40 °С.

Время непрерывной работы ДГУ с полным баком - не менее 8 часов.

Блок-контейнер ДГУ оборудован: системой вентиляции, обогрева, пожарно- охранной сигнализации, пожаротушения, освещения, системой подзарядки аккумуляторной батареи ДГУ и подогрева картера. Предусмотрено устройство автоматического ввода резерва ДГУ. Система собственных нужд ЩСН-ДГУ запитана от ВРУ здания в режиме работы от электрических сетей, и от ДГУ, при нарушении электроснабжения от основного источника питания (Щит ЩСН-ДГУ поставляется комплектно в контейнере ДГУ).

«ДГУ оборудована панелью управления, которая обеспечивает запуск, управление, защиту и мониторинг работы ДГУ» [8].

«Запуск ДГУ осуществляется в автоматическом режиме, при нарушении электроснабжения от электрических сетей, по сигналу от АВР на панель управления ДГУ» [19].

Выводы по разделу.

Для обеспечения I, II категории надежности электроснабжения здания школы принята ДГУ мощностью 350кВА Wilson P350 заводского исполнения, модульного типа.

Блок-контейнер ДГУ оборудован: системой вентиляции, обогрева, пожарно- охранной сигнализации, пожаротушения, освещения, системой подзарядки аккумуляторной батареи ДГУ и подогрева картера. Предусмотрено устройство автоматического ввода резерва ДГУ.

## Заключение

Целью бакалаврской работы является проектирование надежной и экономичной системы электроснабжения средней общеобразовательной школы в городе Усть-Кут Иркутской области.

Питание электроприемников здания школы выполняется от существующей трансформаторной подстанции ТП-85. Категория надежности электроснабжения здания школы – II, отдельно стоящего гаража - III. Потребители первой категории надежности электроснабжения питаются от ВРУ с устройством АВР. В качестве резервного источника питания принимается ДГУ – 300кВт.

К I категории относятся: лифт, приборы охранно-пожарной сигнализации, электрооборудование теплового пункта, аварийное освещение, устройства противодымной вентиляции, оборудование серверной.

Схема электроснабжения здания выполняется по магистрально-радиальной схеме.

Расчетные нагрузки по зданию школы составили:

- ВРУ1 – 220 кВт;
- ВРУ2 – 19,9 кВт (нормальный режим), 121,9 кВт (аварийный режим);
- ВРУ3 (ШВР гараж) – 18,2 кВт.

Напряжение питания силовых электроприемников и освещения – 230/400В. Коэффициент мощности  $\cos \varphi / \operatorname{tg} \varphi$  – 0,95 / 0,33.

Суммарная мощность на шинах ТП составляет:

- $P_{\text{сум ТП}} = 258,1$  кВт.

Электроприемники здания школы запитаны от ВРУ1 и ВРУ2 с АВР, гараж от ВРУ3. «Защита от сверхтоков предусматривается на силовых щитках - автоматическими выключателями с комбинированными расцепителями. Для защиты от поражения электрическим током на групповых розеточных линиях предусматривается установка дифференциальных автоматических выключателей типа АВДТ» [1].

Вводные и распределительные щиты устанавливаются в электрощитовой в подвальном помещении. Групповые щиты приняты навесные распределительные типа ЩРн. Групповые щиты устанавливаются в удобных для эксплуатации местах либо в специально выделенных помещениях.

В качестве мер по обеспечению энергоэффективности в данной работе предусмотрено:

- применение светодиодных светильников;
- организация учета потребляемой электроэнергии;
- выбор оптимальных, с точки зрения потерь электроэнергии, сечений кабельных линий;
- выбор кабелей с медными жилами;
- установка современных аппаратов и материалов.

Для здания школы принята система заземления типа TN-C-S.

Произведен расчет системы заземления здания.

Заземляющее устройство здания школы, гаража выполнено из стальных электродов  $d=18\text{мм}$ ,  $L=3\text{м}$ , и стальной полосы  $40\times 5\text{ мм}$ , прокладываемой на глубине  $0,5\text{ м}$  от уровня земли. ГЗШ соединяется двумя стальными полосами  $40\times 5\text{ мм}$  с заземляющим устройством.

«В соответствии с инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений для молниезащиты здания необходимо выполнить молниеприемную сетку на плоской кровле из стальной проволоки диаметром  $8\text{ мм}$ » [18].

Групповые осветительные и силовые сети, а также распределительные сети выполнены кабелем марки ВВГнг-LSLTx.

Сечения кабельных линий были определены с учетом поправочных коэффициентов на температуру окружающей среды, способ прокладки и количество проложенных кабелей. Все кабели прошли проверку по потерям напряжения.

Выбор светильников произведен в соответствии с назначением

помещений и характеристикой среды, нормируемыми освещенностями для каждого помещения школы и гаража. Цветовая температура применяемых светильников 4000 К, что соответствует белому спектру цветоизлучения.

В здании школы предусмотрены следующие виды освещения:

- рабочее;
- ремонтное - напряжение у ламп 36В.
- аварийное (эвакуационное).

«Для антипанического освещения применяются светильники, выделенные из числа светильников рабочего освещения и подключенные от щита аварийного освещения ДПА5040 со встроенными блоками бесперебойного питания, рассчитанными на 3 ч автономной работы» [7].

В качестве групповых щитков освещения ЩО1-ЩО9 приняты щитки фирмы ИЕК марки ЩРн. Щитки устанавливаются в коридорах. Питание аварийного освещения осуществляется от щитка ЩОА марки ЩРн, установленного в комнате охраны.

Освещенность наружной территории составляет 10 лк, при мощности наружного освещения 5,8 кВт. Расчет освещенности выполнен в программе Light-in-Night. Светильники приняты светодиодные марки Стандарт LED 240Вт и Стандарт LED 160Вт фирмы Галад. Потеря напряжения до самого удаленного светильника не превышает 2,5%.

Для обеспечения I, II категории надежности электроснабжения здания школы принята ДГУ мощностью 350кВА Wilson P350 заводского исполнения, модульного типа.

Блок-контейнер ДГУ оборудован: системой вентиляции, обогрева, пожарно-охранной сигнализации, пожаротушения, освещения, системой подзарядки аккумуляторной батареи ДГУ и подогрева картера. Предусмотрено устройство автоматического ввода резерва ДГУ.

## Список используемой литературы и источников

1. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: электронное учебно-методическое пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. 86 с.
2. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003320> (дата обращения 30.12.2023).
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 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения 30.12.2023).
5. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 30.12.2023).
6. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации 01.01.2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108284> (дата обращения 17.01.2024).
7. 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](https://docs.cntd.ru/document/1200107497) (дата обращения 15.12.2023).

8. Миронова А.Н., Миронов Ю.М. Электрооборудование и электроснабжение электротехнологических установок: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2023. 470 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1996313> (дата обращения: 15.11.2023).
9. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 416 с.
10. Письмо от 21 сентября 2011г. №13-4-03-3108ф ВНИИПО МЧС России [Электронный ресурс]. URL: [https://norm-load.ru/PB/INF\\_VNIIPO/3108/1.htm](https://norm-load.ru/PB/INF_VNIIPO/3108/1.htm) (дата обращения 30.12.2023).
11. Постановление Правительства РФ от 13 августа 1997 г. N 1013. Об утверждении перечня товаров, подлежащих обязательной сертификации, и перечня работ и услуг, подлежащих обязательной сертификации. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_15492/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15492/) (дата обращения 30.12.2023).
12. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 23.01.2024).
13. 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).
14. Рожин А.Н., Бакшаева Н.С. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. 258с.
15. СанПиН2.4.2821-10 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902256369> (дата обращения 30.12.2023).
16. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2023. 328 с.

17. Синенко Л.С., Электроснабжение. Версия 1.0. [Электронный ресурс]: учеб. пособие к практ. занятиям. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/122353214> (дата обращения 26.01.2024).
18. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034368> (дата обращения 15.12.2023).
19. 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 23.12.2023).
20. СП 256.1325800.2016. Свод правил. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139957> (дата обращения 30.12.2023).
21. 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](https://docs.cntd.ru/document/1200084087) (дата обращения 08.01.2024).
22. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]: Свод правил от 05.08.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 16.12.2023).
23. 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 12.01.2024).
24. СП 6.13130.2021 Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 30.12.2023).

25. Федеральный закон от 23 ноября 2009г. № 261-ФЗ Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_93978/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/) (дата обращения 30.12.2023).

26. Хорольский В.Я., Таранов М.А., Петров Д.В. Технико-экономические расчеты распределительных электрических сетей: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 96 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1839652> (дата обращения 12.01.2024).