

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 общеобразовательной школы на 720 мест

Обучающийся

С.В. Степанцов

(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 рассмотрены вопросы электроснабжения здания школы. Приведена краткая характеристика здания и определено характерное технологическое оборудование.

Выполнен расчёт ожидаемых нагрузок по зданию школы, котельной и от системы наружного освещения. По результатам расчетов выбрана мощность силового трансформатора для установки в ТП, а также мощность резервной дизельной электростанции.

Выполнены расчеты автоматических выключателей для защиты электроприемников и кабельных линий.

Определены основные мероприятия по экономии электроэнергии.

Произведен расчет заземляющего устройства и молниезащиты здания. Выбраны проводники как для групповых и питающих сетей электрического освещения, так и для сетей к розеткам и электроприемникам.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 48 страниц текста и графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

## Содержание

Введение.....	4
1 Краткая характеристика общеобразовательной школы .....	6
2 Определение расчетной нагрузки по зданию школы .....	9
3 Обоснование схемы электроснабжения.....	11
4 Требования к качеству поставляемой электроэнергии и надежности электроснабжения .....	21
5 Обеспечение электроприемников электрической энергией в соответствии с их категорией надежности .....	23
6 Мероприятия по экономии электрической энергии .....	25
7 Заземление и молниезащита здания школы .....	27
8 Выбор проводников и осветительной арматуры, расчет количества светильников.....	32
8.1 Здание школы .....	32
8.2 Наружное освещение .....	36
9 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения .....	38
Заключение .....	42
Список используемой литературы .....	45

## **Введение**

Проектируемое здание общеобразовательной школы на 720 мест относится к общеобразовательным учреждениям I, II и III ступени обучения и обеспечивает осуществление общеобразовательного процесса в соответствии с программами 3-х ступеней образования:

- I ступень - начальное общее образование (1 - 4 классы);
- II ступень - основное общее образование (5 - 9 классы);
- III ступень - среднее (полное) общее образование (10 - 11 или 8, 9 - 11 классы).

Учебная программа предусмотрена с обязательным предметным обучением и дополнительным предметным обучением.

Вместимость учебного корпуса (общее количество учащихся) определена исходным заданием, исходя из организационно-педагогической структуры, наполняемости классов, градостроительных и демографических условий и составляет 720 ученических мест.

Наполняемость классов – 24 учащихся, количество классов - 30.

В составе проектируемого объекта предусматриваются все необходимые учебные, вспомогательные и хозяйственные помещения для полного функционирования школы и организации полноценного учебного процесса общего образования.

Численный состав работников согласно штатного расписания составляет 74 человека.

Образование в настоящее время становится важнейшим условием жизненной успешности человека, определяющим фактором развития и выживания самого общества. Главная роль в образовательном пространстве отводится школе, организации ее деятельности. Важное место в социальной системе сельских поселений играет школа, являясь не только образовательным, но и социальным, культуро-сберегающим центром.

Строительство новой школы позволит:

- «создать благоприятные условия, гарантирующие реализацию образовательных программ в полном объеме;
- формировать физически здоровой, духовно богатой, высоконравственной образованной личности уважающего традиции и культуру своего и других народов;
- воспитывать гражданственность, уважение к правам и свободам человека, ответственность перед собой и обществом;
- формировать целостное научное мировоззрение, экологическую культуру, создать предпосылки для вхождения в открытое информационно-образовательное пространство;
- осуществлять разностороннее развитие учащихся, их познавательных интересов, творческих способностей, умений, навыков самообразования, создание условий для самореализации личности» [10];
- трудоустроить работников образования, работников пищеблока, технических работников из числа жителей населенного пункта.

Целью работы является проектирование системы электроснабжения школы на 720 учеников, обладающей заданными требованиями надежности и минимальными затратами на строительство и последующую эксплуатацию.

## 1 Краткая характеристика общеобразовательной школы

Здание трехэтажное. Здание состоит из семи блоков. Вместимость школы 720 мест. План расположения блоков приведен на рисунке 1.

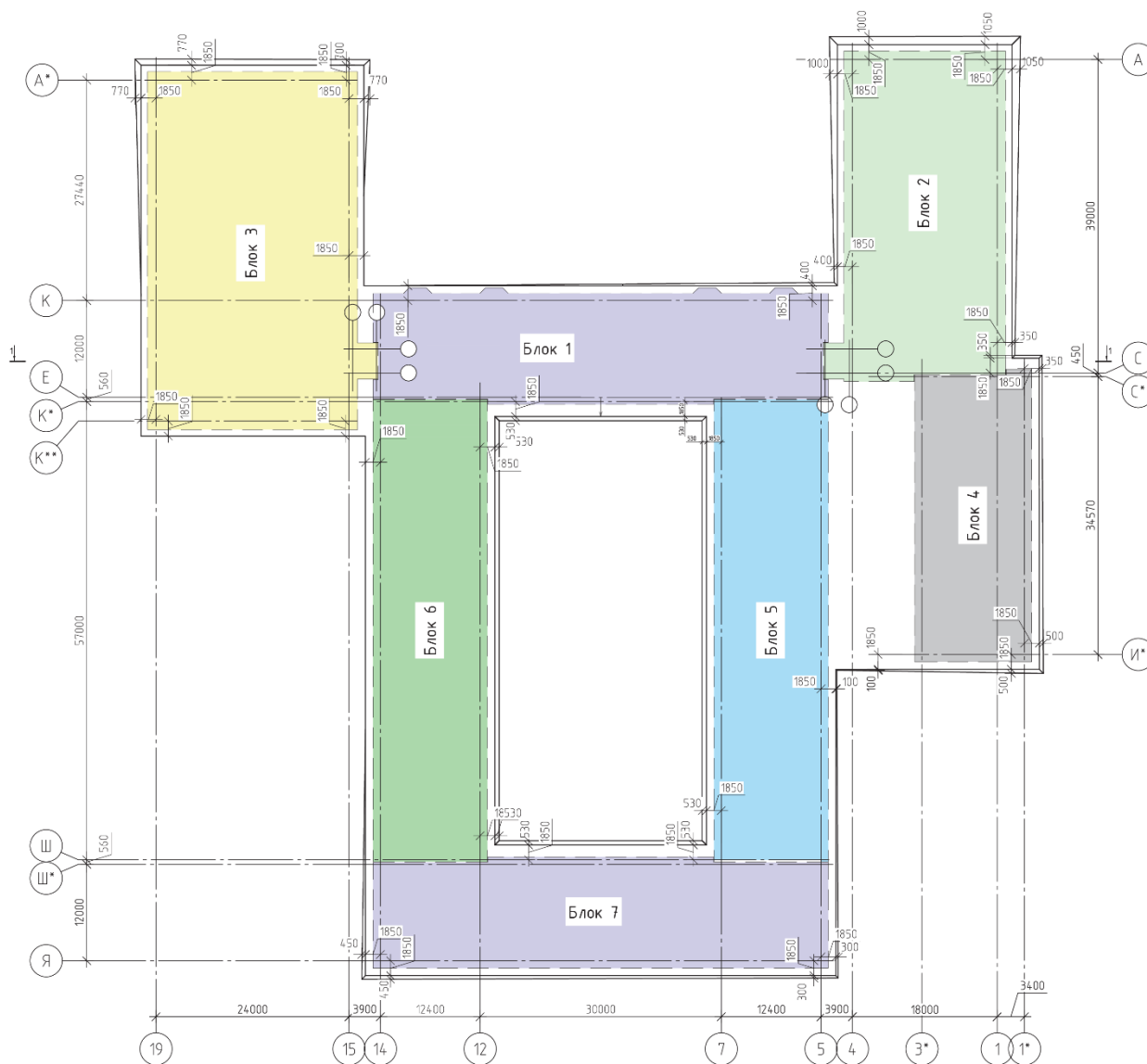


Рисунок 1 - План расположения блоков школы

Школа без профилирования по отдельным предметам. Обучение проводится по классно-кабинетной системе. Данная система рассчитана на преподавание различных предметов в закрепленном классе-кабинете. Это дает возможность сократить перемещение учащихся из кабинета в кабинет по

зданию школы, полностью учесть возрастные особенности детей.

Для обеспечения дифференцированного профилированного обучения по направлению в старшей группе обучения с использованием практических работ в лабораториях и мастерских в здании школы предусмотрены:

- лаборатории физики-1шт, химии-1шт, биологии-1шт - на 25 мест;
- мастерская трудового обучения мальчиков 2×12 чел.;
- кабинеты обслуживающего труда девочек 2×12 чел.;
- кабинет ОБЖ на 25 мест;
- кабинет информатики -1×25 чел.;
- спортивный зал пропускной способностью по 24 чел.;
- кабинет иностранных языков 1×25 чел.;
- кабинет русского языка 1×25 чел.;
- лингафонный класс - 1×25 чел.;
- комплекс помещений продленного дня.

В соответствии с требованиями СанПиН2.4.2821-10 площадь кабинетов принята из расчета 2,5 м<sup>2</sup> на одного учащегося [17].

Площадь мастерской для мальчиков, кабинета обслуживающих видов труда для девочек и кабинета информатики приняты из расчета 6м<sup>2</sup> на одного учащегося. При кабинетах химии, физики и биологии организованы лаборантские.

Учебные классы включают:

- рабочую зону (размещение учебных столов и парт);
- рабочую зону учителя;
- дополнительное пространство для размещения учебно-наглядных пособий (шкафы).

Наряду с учебными помещениями школа оснащена помещениями общешкольного назначения:

- вестибюльная группа, библиотека, актовый зал, столовая, спортивный блок.

Помещения педагогического состава:

- административные, учительские, методический кабинет, кабинеты-психолога;
- медицинский блок - кабинет врача, процедурная, стоматологический кабинет.

Помещения санитарно-технические:

- санузлы, комнаты лыж, уборочного инвентаря.
- электрощитовые, венткамеры, комнаты техперсонала.

Далее приведем характерные помещения и электроприемники, которые будут присутствовать в здании помимо общего освещения и розеточной сети.

Комплекс помещений столовой размещен в отдельном блоке. В помещениях столовой размещены холодильные камеры. В технологическое оборудование пищеблока входят мясорубки, хлебрезки, машины для мытья посуды; тепловое оборудование к которому относится варочное (варочные котлы, пароварочные шкафы) и жарочное (электросковороды, электроплиты, жарочные шкафы), холодильное оборудование (холодильные камеры и холодильные шкафы).

Кабинет трудового обучения спланирован с учетом организации трудового обучения на столярном и слесарном оборудовании. Школьники учатся работать на сверлильном и токарном станках. Сверлильные, точильные и другие станки должны устанавливаться на специальном фундаменте и оборудоваться предохранительными сетками, стеклами и местным освещением. Слесарные и столярные мастерские и кабинеты обслуживающего труда оборудуются электрополотенцами.

Выводы по разделу.

Дана краткая характеристика здания школы и организации учебного процесса. Определено характерное технологическое оборудование пищеблока и перечень станков в кабинете трудового обучения.



## 2 Определение расчетной нагрузки по зданию школы

Расчет электрических нагрузок выполнен по удельным показателям и расчетным коэффициентам, приведенным в СП 256.1325800.2016 [22].

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки  $P_{p.p}$ , следует определять по формуле» [22]:

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

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» [22].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку  $P_{p.o}$ , следует определять по формуле» [22]:

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

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

$P_{p.p}$  - расчетная нагрузка розеточной сети» [22].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов  $P_{p.c}$ , следует определять по формуле» [22]:

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

где « $K_c$  - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$  - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [22].

«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» [22]:

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

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» [22].

Результаты определения расчетных нагрузок заносим в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты определения расчетных нагрузок

Наименование	$P_u$ , кВт	$K_c$	$\cos\phi$	$P_p$ , кВт	$I_p$ , А	$S$ , кВА
Здание школы	316,1	0,6	0,95	190	303	-
Котельная	15,8	0,6	0,9	9,5	15	-
Наружное освещение	2,88	1	0,9	2,88	7	-
Итого	334,8	-	-	202,4	325	206

Годовой расход электроэнергии составляет 456 тыс. кВт·час. Максимальная мощность объекта составляет 206 кВА.

Выводы по разделу.

Определены расчетные нагрузки по зданию школы. Суммарная расчетная нагрузка с учетом здания котельной и наружным освещением составила 202,4 кВт.

### 3 Обоснование схемы электроснабжения

«По степени надежности электроснабжения проектируемый объект относится ко II категории, а электроприемники пожарной и охранной сигнализации, аварийное освещение, лифт для пожарных подразделений, система вытяжной и приточной вентиляции дымоудаления – к I категории» [9].

В работе предусматривается основное и резервное электроснабжение.

Основным фактором, определяющим требуемую номинальную мощность трансформатора, является допустимая относительная аварийная нагрузка. «Выбор мощности трансформатора производится на основании расчетной нагрузки в нормальном режиме работы, продолжительности максимума нагрузки, стоимости электроэнергии, нагрузочной способности трансформатора и его экономической загрузки» [1].

Коэффициент загрузки трансформатора от 0,7-0,8 для однотрансформаторных подстанций с потребителями II категории надежности электроснабжения.

Важное значение при выборе мощности трансформатора является нагрузочная способность.

«На значительном большинстве подстанций нагрузка трансформаторов изменяется и в течении продолжительного времени остается ниже номинальной» [18]. Для силовых масляных трансформаторов допускается минимальный коэффициент загрузки в нормальном режиме – 0,7-0,8, максимальный - в послеаварийном режиме – 1,4.

Проектируемый объект запитывается от трансформаторной подстанции КТПК-Т-КК.

$$S_{\text{ном тр.}} > S_{\text{ном}}, \quad (5)$$

$$P_p = 202,4 \text{ кВт};$$

$$\cos \varphi = 0,95;$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,2;$$

$$Q = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (6)$$

$$Q = 202,4 \cdot 0,2 = 40,5 \text{ кВар};$$

$$S_2 = P_{p2} + Q_2, \quad (7)$$

$$S_2 = 202,42 + 40,52 = 40966 + 1640 = 42606 \text{ кВА};$$

$$S_{\text{НОМ}} = 206 \text{ кВА}.$$

Номинальная мощность трансформатора:

$$S_{\text{НОМ. тр.}} = S_n / K_3, \quad (8)$$

$$S_{\text{НОМ. тр.}} = 206 / 0,8 = 258 \text{ кВА}.$$

Принимается трансформатор мощностью 250кВА.

При  $P_p = 202,4$  кВт, и  $S_n = 258$ кВА трансформатор будет загружен на 78%.

Так как проектируемая трансформаторная подстанция наружной установки, трансформатор принят масляный марки ТМГ.

«График работы подстанции характеризуется кратковременным пиковым режимом мощности - 30мин или не более 1 часа, то трансформатор будет работать в недогруженном режиме. Поэтому трансформатор подобран мощностью к продолжительной максимальной нагрузке. В реальных условиях значения допустимой перегрузки определяется коэффициентом начальной загрузки  $K_3 = 0,7-0,8$ » [21].

Интервалы нагрузки трансформатора мощностью 250кВА по допустимым систематическим нагрузкам составляют 257-401 кВА.

Трансформатор выбран с учетом загрузки в нормальном и аварийном режимах.

Для основного электроснабжения выбрана установка комплектной трансформаторной подстанции тупиковой киоскового типа КТПК-Т-КК-250-

10/0,4кВ с трансформатором мощностью 250кВА с кабельным вводом 10кВ и кабельными выводами от РУНН- 0,4кВ, устанавливаемой на фундаменте.

На рисунке 2 показана принципиальная схема подстанции.

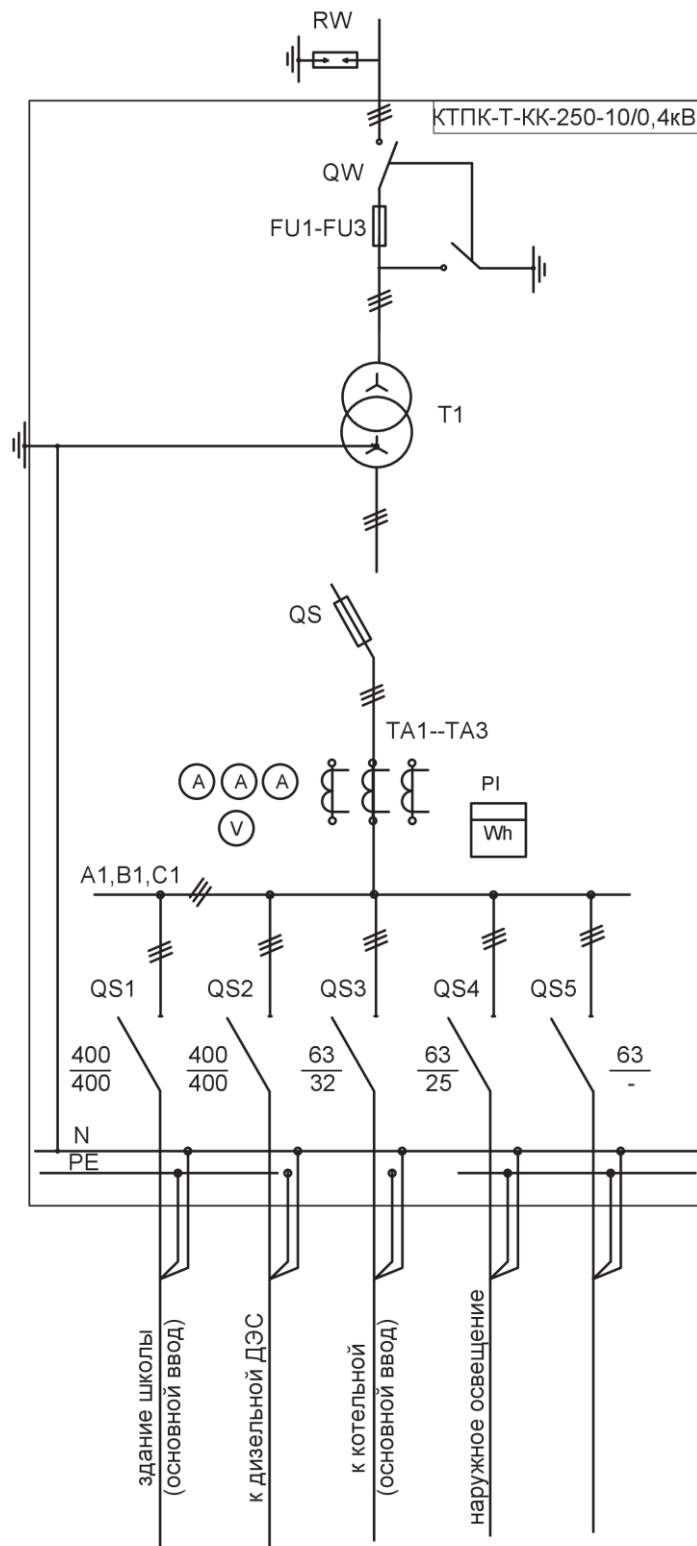


Рисунок 2 - Схема электрическая принципиальная подстанции КТПК-Т-КК-250-10/0,4кВ

В таблице 2 приведен состав установленного на ТП оборудования.

Таблица 2 - Установленное на ТП оборудование

Обозначение на схеме	Наименование	Тип	Количество
RW	Разрядник высоковольтный	PBO-10	3
QW	Выключатель нагрузки	BEA/TE-10/630-3нП	1
T1	Трансформатор силовой	ТМГ-250/10	3
FU1-FU3	Предохранитель	ПКТ 102-10-20	1
QS	Рубильник с предохранителями	RBK01	1
TA1-TA3	Трансформатор тока 400/5	ТК-20 УЗ	3
PI 1	Счетчик электронный класса точности 2	ЦЭ6803В 380В. 5А	1
QS1-QS2	Выключатель автоматический	BA04-36-400	2
QS3-QS5	Выключатель автоматический	BA47-29 ЗР 63А	3

В таблице 3 приведены номинальные параметры установленного на ТП оборудования.

Таблица 3 - Номинальные параметры установленного на ТП оборудования

Номинальная мощность тр-ра, кВА	Номинальный ток тр-ра, А	Отходящие линии Тип автомата / I номинальный расцепителя, А				Номинальный ток предохранителя ПКТ-10, А	Коэффициент трансформации и тр-ров тока	Номинальный ток реле, А
		1	2	3	4, 5			
250	362	BA04-36	BA04-36	BA47	BA47	20	400/5	400
		400	400	63	63			400 63 63,63

Нормальная работа КТП обеспечивается при:

- установке на высоте не более 1000м над уровнем моря;
- температура окружающего воздуха от -45<sup>0</sup>С до +40<sup>0</sup>С;

– сейсмичности до 9 баллов.

Климатическое исполнение КТП и категория размещения УЗ по ГОСТ 15150-69 [2].

Для подключения проектируемой трансформаторной подстанции предусматривается строительство ВЛЗ на железобетонных опорах СВ105-5 по типовому шифру 27.0002 «Одноцепные железобетонные опоры ВЛ 6-20кВ с защищенными проводами и линейной арматурой «ООО НИЛЕД-ТД» самонесущим изолированным проводом марки СИП-3 сечением 70мм<sup>2</sup> (ПУЭ гл.2.5 п.2.5.5 [14]).

Ввод в проектируемую трансформаторную подстанцию необходимо выполнить кабелем марки АПвБП-10-3×50мм<sup>2</sup>, прокладываемым от опоры ВЛЗ-10кВ в полиэтиленовой трубе диаметром 100мм в траншее.

Строительная длина ВЛЗ-10кВ составляет: в воздушной части - 510м, в кабельной части - 15м.

Для резервного электроснабжения в работе предусматривается установка модульной дизельной электростанции типа АДРя-220С-Т400 мощностью 220кВт (250кВА) II степени автоматизации с АВР в шумоизоляционном кожухе, устанавливаемой на фундаменте.

На рисунке 3 приведен внешний вид выбранной дизельной электростанции типа АДРя-220С-Т400.



Рисунок 3 - Внешний вид выбранной дизельной электростанции типа АДРя-220С-Т400

Распределительные сети 0,4кВ (к зданию школы и к котельной) от КТП и ДЭС выполняются взаимно-резервируемыми кабелями марки АВБбШвнг(А)-LS-1,0 соответствующих сечений, прокладываемыми в траншее в полиэтиленовых трубах (ПУЭ изд.7 гл.2.3 п.2.3.86 [14]).

На рисунке 4 приведена однолинейная схема электроснабжения здания школы.

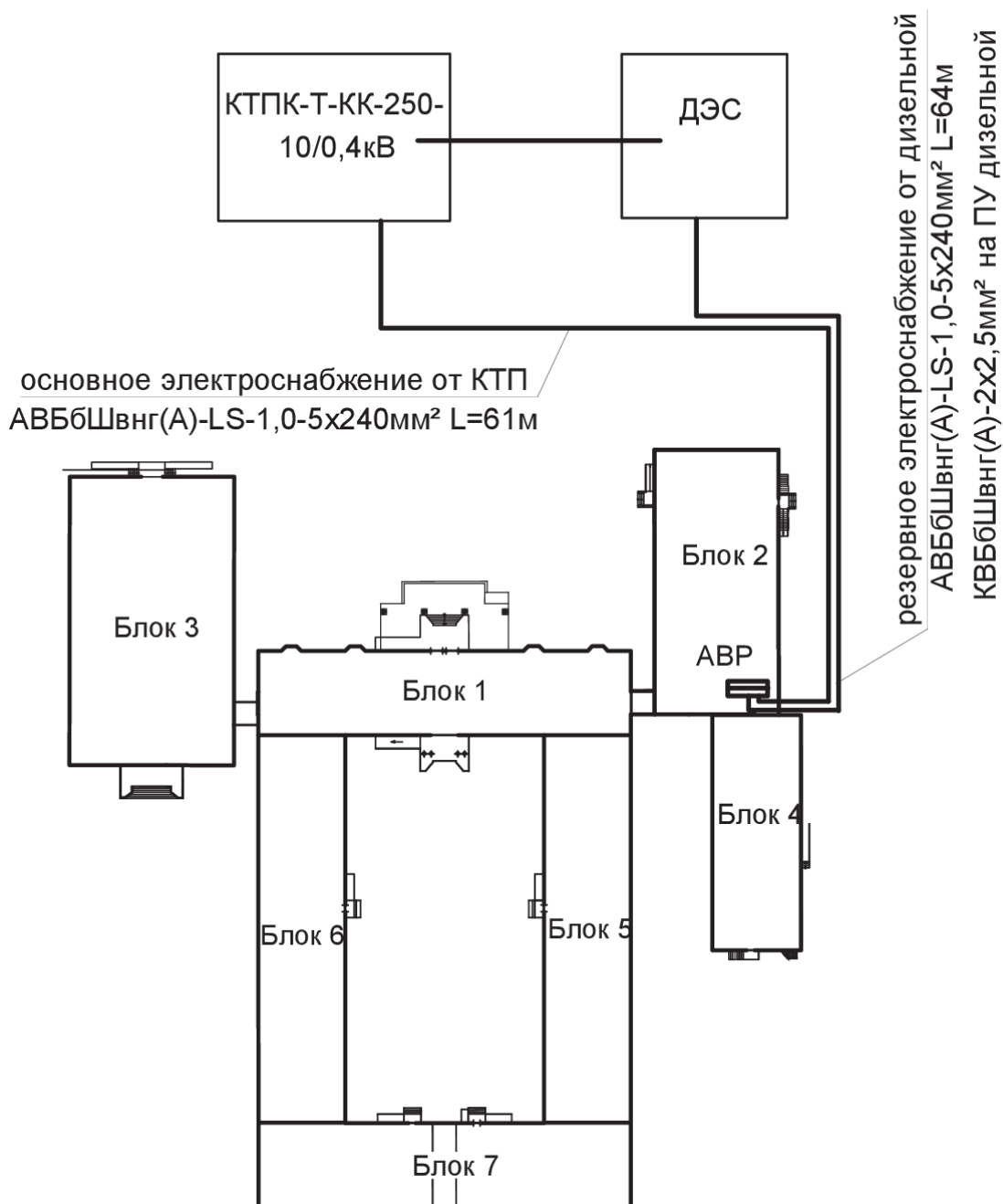


Рисунок 4 - Однолинейная схема электроснабжения здания школы



В аварийном режиме при выходе из строя основного питания, резервный кабельный ввод несет полную нагрузку.

«Для защиты кабельных линий от перегрузки в точках подключения устанавливаются автоматические выключатели, которые выбраны по току и по условиям короткого замыкания» [3].

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

– по номинальному напряжению» [16]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (9)$$

– «по номинальному току» [16]

$$I_{np} \geq I_{pa};, \quad (10)$$

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

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)},, \quad (11)$$

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]:

$$k_{pn} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск},, \quad (12)$$

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]:

$$t_i > t_{ni},, \quad (13)$$

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]

$$t_{cp} > t_{дон},, \quad (14)$$

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

$t_{дон}$  – 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]:

$$I_{pa} \leq I_{np} \leq I_{дон}, \quad (15)$$

$$I_2 \leq 1,45 I_{дон}, \quad (16)$$

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 соответствии с ПУЭ защита в низковольтных сетях должна быть селективной» [16].

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

Для ввода и распределения электрической энергии предусматривается установка АВР на вводе и распределительных щитов ПР11 с входящими в их состав автоматическими выключателями на вводе и на отходящих линиях.

Согласно письма от 21 сентября 2011г. №13-4-03-3108ф электрощиты объемом более 0,1м<sup>3</sup> подлежат защите автоматическими установками пожаротушения (АУПТ) [12]. Для этого используются автономные устройства огнетушащего аэрозоля с тепловым пуском типа АГС-12. Каждый щит укомплектован автономной установкой пожаротушения в зависимости от объема щита.

Выводы по разделу.

По степени надежности электроснабжения электроприемники школы относятся ко II категории, а электроприемники пожарной и охранной сигнализации, аварийное освещение, система вытяжной и приточной вентиляции дымоудаления – к I категории.

По результатам расчетов для установки на КТП выбран трансформатор ТМГ мощностью 250 кВА, который устанавливается в тупиковой ТП киоскового типа КТПК-Т-КК-250-10/0,4кВ.

В соответствии с ПУЭ для потребителей общественных зданий и вспомогательных сооружений, не превышающих суммарную мощность 250кВт, компенсация реактивной мощности не требуется.

Распределительные сети 0,4кВ к зданию школы и к котельной от КТП и ДЭС выполняются взаимно-резервируемыми кабелями марки АВБбШвнг(А)-LS соответствующих сечений, прокладываемыми в траншее. Для защиты кабельных линий от перегрузки в точках подключения устанавливаются автоматические выключатели, которые выбраны по току и по условиям короткого замыкания.

#### **4 Требования к качеству поставляемой электроэнергии и надежности электроснабжения**

Электроприемники проектируемого объекта относятся ко II категории электроснабжения, а устройства пожарной и охранной сигнализации, видеонаблюдения – к I категории [25].

«Электроприемники I категории электроснабжения не допускают перерыва электроснабжения на время большее, чем время автоматического восстановления питания» [19].

Энергоснабжение электроприемников 2 категории надежности электроснабжения (система рабочего освещения, розеточные сети) необходимо осуществлять от двух независимых источников питания. При нарушении энергоснабжения от одного источника питания, допустимо временное отсутствие энергоснабжения на время, необходимое для автоматического включения резервного питания.

Технический учет электроэнергии выполняется на напряжении 0,4 кВ в проектируемой трансформаторной подстанции КТПК-Т-КК-250-10/0,4кВ и в здании школы на вводе.

Качество электроэнергии.

В соответствии с Законом Российской Федерации «О защите прав потребителей» (ст. 7) [8] и постановлением Правительства России от 13 августа 1997 г. №1013 [13] электрическая энергия подлежит обязательной сертификации по показателям качества электроэнергии согласно ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [5].

Согласно ГОСТ 32144-2013 предусмотренные в данной работе электроприемники не являются потребителями, ухудшающими показатели качества электроэнергии.

Мероприятия по обеспечению качества электроэнергии предусматриваются электроснабжающей организацией (ГОСТ32144-2013).

В ГОСТ32144-2013 определены следующие требования к качеству электроэнергии:

- «нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения  $\pm 5\%$  и  $\pm 10\%$  соответственно от номинального напряжения электрической сети;
- несинусоидальность напряжения характеризующаяся коэффициентом искажения равным  $8\%$ ;
- нормально допустимым и предельно допустимым коэффициентом несимметрии напряжения равным  $2\%$  и  $4\%$  соответственно» [5];
- нормально допустимым и предельно допустимым значением отклонения частоты  $\pm 0,2\text{Гц}$  и  $\pm 0,4\text{Гц}$ ;
- предельно допустимым значением длительности провала напряжения  $30\text{с}$ .

Выводы по разделу.

Электроприемники I категории электроснабжения не допускают перерыва электроснабжения на время большее, чем время автоматического восстановления питания. При этом поставляемая всем электроприемникам электрическая энергия должна удовлетворять требованиям ГОСТ 32144-2013 по основным показателям, касающимся отклонения напряжения, искажения его синусоидальности и несимметрии.

## **5 Обеспечение электроприемников электрической энергией в соответствии с их категорией надежности**

К ВРУ проектируемых зданий (школы, котельной) предусматривается прокладка двух взаимно резервирующих кабельных линий, что обеспечивает надёжность электроснабжения электроприёмников первой и второй категории.

«Согласно п.1.2.20 ПУЭ для электроприемников II категории при нарушении электроснабжения от основного источника питания допускаются перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения ДГУ-резервного источника питания» [14]. Для запуска ДГУ в работе предусматривается прокладка контрольного кабеля марки КВБбШвнг(А)-2×2,5мм<sup>2</sup> в траншее.

Для обеспечения электроприемников I категории по степени надежности электроснабжения (пожарных и охранных систем, лифта, аварийного освещения) предусматривается панель противопожарных устройств (ППУ) с боковыми стенками для противопожарной защиты отличительной окраской (красной) фасада.

«Подключение панели противопожарных устройств выполняется после аппарата управления и до аппарата защиты согласно СП6.13130.2021 п.5.3, ПУЭ» [26].

Перерыв электроснабжения потребителей I категории может быть допущен на время переключения на резервный источник согласно ПУЭ п.1.2.19 [14].

Для электроснабжения электроприемников II категории проектом предусматривается дизель-генераторная установка АДРя-220С-400Т-2РМ19 с АВР мощностью 220кВт.

ДГУ, которые используются как резервный источник питания электроэнергией имеют свои особенности эксплуатации. Такие дизель-генераторы находятся в дежурном режиме, но в любой момент могут подать

нагрузку потребителю. Первое и главное условие- температура охлаждающей жидкости. Второе условие - наличие постоянной подзарядки аккумуляторных батарей. Третье условие - периодический запуск ДГУ с целью создания давления масла.

Согласно СП256.1325800.2016 п.7.12 значение коэффициента мощности для общественных зданий (школы с пищеблоками) принято равным 0,95, компенсация реактивной мощности в данной работе не предусматривается.

В соответствии с ПУЭ для потребителей общественных зданий и вспомогательных сооружений, не превышающих суммарную мощность 250кВт, компенсация реактивной мощности не требуется. «Диспетчеризация, автоматизация и релейная защита системы электроснабжения согласно п.7.3.1, 7.3.2 СП256.1325800.2016 в данной работе не предусматривается» [22].

Выводы по разделу.

Поскольку имеется только одна питающая линия 10 кВ и выбрана однострансформаторная КТП, то в качестве резервного источника устанавливается модульная дизельная электростанция типа АДРя-220С-Т400 мощностью 220кВт II степени автоматизации с АВР.

Такие дизель-генераторы находятся в дежурном режиме, но в любой момент могут подать нагрузку потребителю. Первое и главное условие- температура охлаждающей жидкости. Второе условие - наличие постоянной подзарядки аккумуляторных батарей. Третье условие - периодический запуск ДГУ с целью создания давления масла.



## **6 Мероприятия по экономии электрической энергии**

Для эффективного использования электроэнергии (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»), в работе предусматривается энергопотребляющее оборудование, имеющие сертификаты, подтверждающие соответствие его энергетической эффективности нормативным значениям [27].

«Электроснабжение и электрооборудование, основные решения по которому принимаются на стадии проектирования в значительной степени определяют эффективность использования электроэнергии. Эффективность работы системы электроснабжения зависит от:

- правильного определения электрических нагрузок;
- выбора номинального напряжения внешнего электроснабжения;
- выбора номинального напряжения внутреннего электроснабжения;
- способов передачи электроэнергии;
- построения схем электрических сетей;
- степени автоматизации учета контроля и расхода электроэнергии» [28].

Все эти мероприятия по повышению эффективности работы системы электроснабжения выполнены при написании данной работы.

В соответствии с расчетами, представленными в разделе 3, расчетная мощность энергопотребления объекта составляет 202,4 кВт. Расчетная мощность представлена с учетом коэффициента спроса на энергопотребители объекта в соответствии с СП256.1325800.2016 (актуализированная редакция СП31-110-2003) [22].

При проектировании объекта приняты следующие мероприятия по экономии электроэнергии:

- исключение ламп накаливания 100Вт и более;

- применение светильников со светодиодными лампами;
- равномерное распределение электрических нагрузок по фазам;
- применение светильников с повышенной светоотдачей.

Пускорегулирующие аппараты осветительной арматуры заложены электронные, с высоким коэффициентом мощности, снижающие реактивную составляющую нагрузки электросети.

В работе используется оборудование и изделия, соответствующие современным требованиям качества и энергоэффективности.

В качестве источников света для наружного освещения территории используются светодиодные светильники с высокой светоотдачей.

Управление наружным освещением предусматривается от фотореле в зависимости от уровня естественного освещения.

Технический учет электроэнергии, потребляемой объектом, выполняется на напряжении 0,4 кВ на границе балансовой принадлежности.

Для учета электроэнергии на стороне 0,4кВ в КТП и на вводе в здании школы устанавливается счетчик типа Ц6803 класс точности 1 со встроенным GSM/GPRS модулем для удаленного снятия показаний электрических приборов.

Средства учета должны быть защищены от несанкционированного доступа в целях исключения возможности искажения результатов измерения.

Выводы по разделу.

При проектировании системы электроснабжения объекта приняты следующие мероприятия по экономии электроэнергии:

- исключение ламп накаливания мощностью 100Вт и более;
- применение светильников со светодиодными лампами и люминесцентных с электронными ПРА;
- равномерное распределение электрических нагрузок по фазам;
- применение светильников с повышенной светоотдачей.

## 7 Заземление и молниезащита здания школы

«В соответствии с комплексом стандартов серии ГОСТ Р 50571 на электроустановки, меры безопасности и защиты от поражения электрическим током обеспечиваются:

- автоматическим отключения питания при однофазных КЗ за время не более 0,4 с.;
- устройствами защитного отключения, реагирующими на ток утечки;
- применение защитных оболочек электрооборудования с требуемой степенью защиты;
- прокладкой к электрооборудованию трех-и пяти-жильных кабелей с отдельными защитными(РЕ) и рабочим нулевым (N) проводниками, не имеющими соединения по всей сети;
- защитным заземлением электрооборудования» [6].

В работе предусматриваются меры защиты персонала от поражения электрическим током при повреждении изоляции в соответствии с требованиями ПУЭ издание 7 главы 1.7 и 7.1, ГОСТ Р 50571.5.54-2013 [14], [6].

В работе в качестве мер электробезопасности принята TN-C-S система заземления [23].

Для защиты персонала от поражения электрическим током проектом предусматривается устройство внутреннего контура заземления и наружного заземляющего устройства.

Внутренний контур заземления выполняется из полосовой стали сечением 25×4мм. К внутреннему контуру заземления присоединяются металлические корпуса технологического оборудования, аппаратов, трубы электропроводки, сантехнические трубопроводы.

В качестве мероприятий по защите персонала от поражения электрическим током при повреждении изоляции используется присоединение металлических корпусов электроприемников к нулевому

защитному проводнику (РЕ) и используются естественные заземлители.

На вводе в здании школы и здании проектируемой блочной котельной выполняется контур заземления. Внутренний контур заземления АБМК выполняется и поставляется комплектно с оборудованием блочной котельной.

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

$$R_{\text{го}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.г}}}{l} \cdot \left( \lg \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t' + l}{4t' - l} \right), \quad (17)$$

где « $\rho_{\text{расч.г}}$  – 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]:

$$t' = t_0 + \frac{1}{2}l, \quad (18)$$

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

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

$$R_{\text{г}} = \frac{R_{\text{го}}}{\eta_{\text{г}} \cdot n_{\text{г}}}, \quad (19)$$

где « $\eta_{\text{г}}$  – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [6];

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

$$R_z = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.з}}{l_z} \cdot \lg \frac{2l_z^2}{b \cdot t_0}, \quad (20)$$

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]:

$$R_u = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z + R_g}, \quad (21)$$

Согласно выполненным расчетам конструкция проектируемого заземляющего устройства представляет собой сварное соединение горизонтального заземлителя (полосовая оцинкованная сталь сечением не менее 4×40 мм) и вертикальных заземлителей (круглая оцинкованная сталь диаметром не менее 16 мм длиной 3 м каждый), уложенных в земляную траншею. Сопротивление заземляющего устройства – не более 4 Ом.

Во всех проектируемых блоках здания выполнена система уравнивания потенциалов. К главным заземляющим шинам присоединяются все проводящие части, указанные в ПУЭ изд.7 глава 1.7.82 [14].

Сопротивление заземляющего контура подстанции должно быть 10 Ом. Металлическое ограждение КТП присоединить к контуру заземления.

После монтажа контура заземления необходимо измерить его омическое сопротивление, если величина сопротивления контура заземления окажется больше 10 Ом, то необходимо забить дополнительные электроды.

Заземлению подлежат все металлические части оборудования, которые могут оказаться под напряжением. Все соединения заземляющего устройства выполняются сваркой.

На рисунке 5 приведен план заземления КТП и ДЭС.

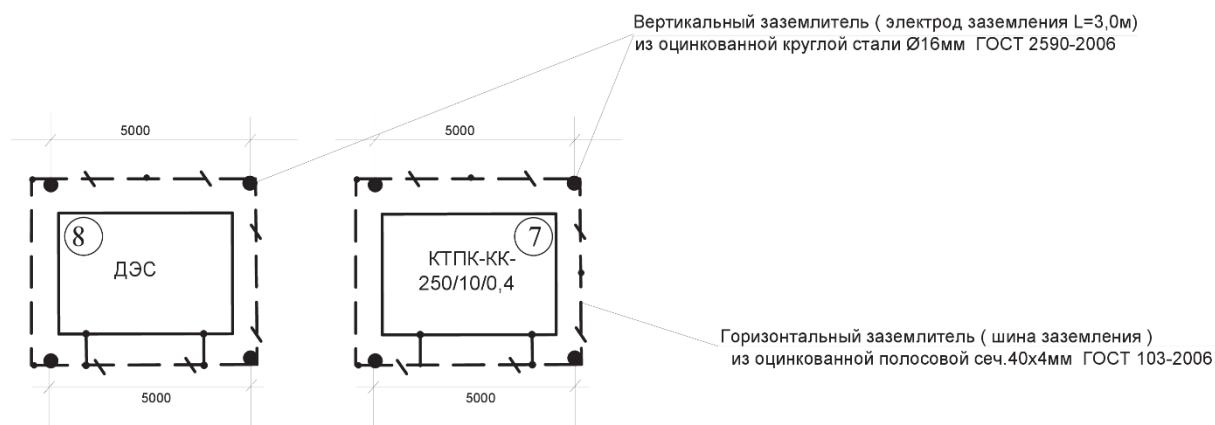


Рисунок 5 - План заземления КТП и ДЭС

Молниезащита здания школы выполняется по III категории РД34.21.122-87 табл.1 п.7 и СО153-34.21.122-2003Г [15], [20].

В качестве молниеприемника в работе предусматривается устройство молниеприемной сетки на кровле проектируемого здания. Выполняется сетка оцинкованной круглой сталью диаметром 8 мм. Узлы прочно соединяются сваркой (должна быть обеспечена надежная электрическая непрерывность). Шаг сетки 6 м. Молниеприемная сетка должна быть уложена на кровлю сверху или под несгораемые, или трудносгораемые утеплитель или гидроизоляцию.

Токоотводы от молниеприемной сетки выполняются оцинкованной полосовой сталью 25×4мм, которую нужно соединить с контуром заземления молниезащиты путем сварки или выполнить болтовое соединение с использованием контргайки. Длина шва должна быть не менее 6 диаметров свариваемых проводников.

Спуски токоотводов защитить угловой сталью 45×45×5мм на высоту 2м. Выступающие над крышей металлические элементы (трубы, вентиляционные устройства и т.п.) должны быть присоединены к молниеприемной сетке, а выступающие неметаллические элементы - оборудованы дополнительными

молниеприемниками, также присоединены к молниеприемной сетке. Заземлители молниезащиты выполняются вертикальными стержневыми из оцинкованной круглой стали диаметром 16мм L=3м, соединенными между собой оцинкованной полосовой сталью 40×4мм. Расстояние между токоотводами выполняются через 25м.

Наружный контур заземления молниезащиты объединен с наружным заземляющим устройством электроустановки, согласно рекомендаций п.2.26 РД34.21.122-87 [15].

Выводы по разделу.

Для защиты персонала от поражения электрическим током проектом предусматривается устройство внутреннего контура заземления и наружного заземляющего устройства.

Согласно выполненным расчетам конструкция проектируемого заземляющего устройства представляет собой сварное соединение горизонтального заземлителя (полосовая оцинкованная сталь сечением не менее 4×40 мм) и вертикальных заземлителей (круглая оцинкованная сталь диаметром не менее 16 мм длиной 3 м каждый), уложенных в земляную траншею. Сопротивление заземляющего устройства при этом не превышает 4 Ом.

Молниезащита здания школы выполняется по III категории. В качестве молниеприемника в работе предусматривается устройство молниеприемной сетки из оцинкованной круглой стали диаметром 8 мм с шагом сетки не более 6 м.

## 8 Выбор проводников и осветительной арматуры, расчет количества светильников

### 8.1 Здание школы

Светотехническая арматура и источники света, выбранные в работе, отвечают современным требованиям, нормам проектирования и условиям эксплуатации. Количество светильников и мощность ламп обеспечивают нормируемую освещенность. В качестве основного источника света применяются светильники с люминесцентными лампами с электронными пускорегулирующими аппаратами со степенью защиты IP31 и имеют высокий коэффициент мощности. В сырых, пыльных и технических помещениях, в кухне и кладовых применяются светильники со степенью защиты IP65.

Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования.

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

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (22)$$

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

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

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [24]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot \eta}, \quad (23)$$

где « $N$  - число светильников;

$n$  - число ламп в светильнике;



$\Phi_{\text{л}}$  - световой поток лампы;  
 $\eta$  - коэффициент использования;  
 $k$  - коэффициент запаса;  
 $S$  - площадь помещения» [24].

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

$$P_{\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{\text{нл}}, \quad (24)$$

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

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

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

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

$$N_A = \sqrt{N_p \frac{A}{B}}; \quad (26)$$

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

$$L \geq \frac{A}{N_A}, l = (0,25 - 0,5)L. \quad (27)$$

В работе предусматриваются классы проводов и осветительной арматуры:

– для проводов - класс пожарной опасности по ГОСТ 31565-2012 [4];

- для осветительной арматуры - класс по способу защиты человека от поражения электрическим током по ПУЭ издание 7.

В учебных классах принимаются светильники типа ЛСО-02-2×40 с люминесцентными лампами 40Вт, у доски устанавливаются на кронштейнах одноламповые светильники ЛПО012- 1×40.

В актовом зале (блок 4 II этаж) приняты светильники ЛПО46-4×18.

В спортивном зале предусматривается установка специальных светильников для спортзалов типа ЛПО46-2×60 с защитной сеткой, а также светильники типа ГСП.

В учебных классах, в актовом зале, в спортзале следует предусматривать отключение светильников рядами, параллельными световым проемам п.5.4.8 СП256.1325800.2016 [22].

Выключатели и розетки устанавливаются на высоте 1,8м от уровня пола.

Для ремонтного освещения в электрощитовой предусматривается установка ящика с понижающим трансформатором типа ЯТП-0,25-220/36.

Штепсельные розетки подключаются на отдельные группы. Штепсельные розетки должны предусматривать защитные устройства, автоматически закрывающие гнезда при вынутой вилке (шторки).

Групповые сети освещения выполняются кабелями с медными жилами с изоляцией и оболочкой из ПВХ пластиката с пониженной пожароопасностью, с низким дымо- газовыделением, низкой токсичностью продуктов горения, с термическим барьером марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.

Сечение кабеля принято:

- к штепсельным розеткам с заземляющим контактом  $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$ ;
- к светильникам  $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$ .

Групповая осветительная сеть выполняется скрытой под слоем штукатурки. Силовыми токоприемниками являются технологическое оборудование пищеблока, оборудование мастерской по обработке металла, мастерской по обработке дерева, мастерская по обработке ткани, мастерская технологии (Блок 4), электродвигатели вентиляторов приточной и вытяжной

систем.

Внешний вид выбранного кабеля ВВГнг(А)-FRLSLTx приведен на рисунке 6.

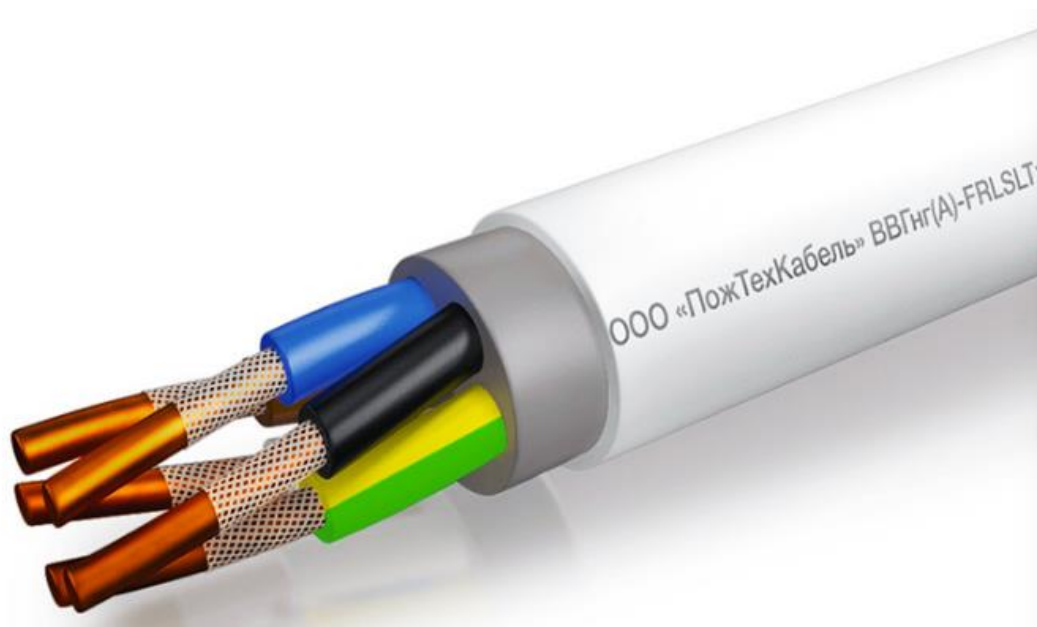


Рисунок 6 - Внешний вид выбранного кабеля ВВГнг(А)-FRLSLTx

Распределительные щиты приняты типа ЩРН с автоматическими выключателями на вводе и на отходящих линиях и устанавливаются на стене.

Осветительные и распределительные щиты приняты с замками, закрывающимися на ключ. Магистральные сети к щитам выполняются от ВРУ кабелями марки ВВГнг(А)-FRLSLTx, соответствующих сечений, прокладываемые в гофрированных трубах в полу. Распределительные силовые сети от щитов выполняются кабелями марки ВВГнг(А)-FRLSLTx, соответствующих сечений, прокладываемые в полу и по стене в кабель-канале.

Все однофазные линии предусматриваются трехпроводными, трехфазные - пятипроводными с отдельными N и PE проводниками.

На ВРУ устанавливается главная заземляющая шина. «Сечения кабелей выбраны из условий:

- наименьшего допустимого сечения кабелей по условиям механической прочности при различных условиях их прокладки (ПУЭ изд.7 п.7.1.1);
- допустимого нагрева кабелей токами нагрузки (ПУЭ изд.7 гл.1.4) и соответствия расчетному току нагрузки номинального тока расцепителя автоматического выключателя, защищающего кабель;
- проверки выбранных сечений кабелей на допустимое отклонение напряжения от номинального для наиболее удаленных электроприемников (не более 5% от номинального напряжения в нормальном режиме согласно СП256.1325800.2016)» [22].

Для оповещения о начале и конца урока предусматривается установка электрических звонков громкого боя МЗМ1 220В.

## **8.2 Наружное освещение**

Наружное освещение территории выполнено на напряжение 380/220В с системой заземления TN-S.

Расчетная потребляемая мощность составляет 2,88 кВт.

Освещенность прогулочных площадок принята 10лк согласно СП52.13330.2016, освещенность площадок и проездов вспомогательных сооружений - 4лк.

Для наружного освещения приняты энергоэкономичные светодиодные светильники ДКУ01-1002-60Д-5000К пыле-влагозащищенные со степенью защиты IP65, устанавливаемыми на конических металлических опорах КК-10Г-75, посредством кронштейнов и торшерные светильники SFERA LED («Шар» 40Вт), устанавливаемые на металлических стойках h=3,7м.

На рисунке 7 приведен внешний вид выбранного светильника наружного освещения ДКУ01-1002-60Д-5000К.



Рисунок 7 - Внешний вид выбранного светильника наружного освещения ДКУ01-1002-60Д-5000К

Питание светильников наружного освещения выполняется от проектируемой трансформаторной подстанции. Управление наружным освещением осуществляется от фотореле, устанавливаемым на стене в КТП и от ящика управления ЯОУ9106-3474, устанавливаемого в помещении охраны в здании школы.

Выводы по разделу.

В качестве основного источника света применяются светильники с люминесцентными лампами с электронными пускорегулирующими аппаратами как рекомендованные для зданий школьного образования. Для каждого из помещений школы был выполнен выбор типа светильника и произведен расчет количества, необходимого для обеспечения норм освещенности.

Магистральные и групповые сети освещения выполняются кабелями с медными жилами с изоляцией и оболочкой из ПВХ пластиката с пониженной пожароопасностью, с низким дымо- газовыделением, низкой токсичностью продуктов горения, с термическим барьером марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.

Для наружного освещения приняты энергоэкономичные светодиодные светильники ДКУ01-1002-60Д-5000К.

## 9 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения

«В работе предусматривается рабочее освещение, аварийное освещение (освещение безопасности), эвакуационное освещение, антипаническое» [11]. Антипаническое освещение выполняется в помещениях больших площадей (более 60м<sup>2</sup>). В санузлах для МГН предусматривается установка светильника аварийного освещения и кнопки звонка вызова помощи.

Осветительные щиты приняты типа ЩРв-12 и устанавливаются на стене в нишах.

Осветительные щиты приняты типа ЩРв-12 с укомплектованными трехфазными выключателями-разъединителями ВН32-3Р на вводе, однофазными автоматическими выключателями ВА47-29 1Р на отходящих линиях и выключателями распределения дифференциального тока АВДТ 34 30мА.

Магистральная сеть к осветительным щитам выполняется от ВРУ кабелем марки ВВГнг(А)-FRLSLTx, соответствующих сечений, прокладываемым в гофрированных полиэтиленовых трубах в стяжке пола.

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [18]:

$$I_{\text{до}} = I_{\text{ном.до}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (28)$$

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» [18].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле» [18]:

$$U = \frac{I_{расч} \cdot L \cdot R_{уд}}{S}, \quad (29)$$

где « $I_{расч}$  - расчетный ток, А;

$L$  - длина линии, м;

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

$S$  - сечение провода, мм» [18].

На рисунке 8 приведена расчетная схема панели пожарных устройств ППУ.

На групповых линиях освещения устанавливаются автоматические выключатели с комбинированной защитой, на розеточных группах - дифференциальные автоматы с комбинированной защитой.

Управление освещением осуществляется выключателями, устанавливаемыми на стене со стороны ручки двери на  $h=1,8$ м.

Щитки аварийного освещения приняты типа ЩРв-12, устанавливаемые на стене [7].

Питание щитков аварийного освещения выполняется по I категории согласно п.8.12.4 СП256.1325800.2016 от панели пожарных устройств, установленной в электрощитовой [22].

Групповая сеть аварийного освещения выполняется кабелем марки ВВГнг(А)-FRLSLTx-3×1,5мм<sup>2</sup>, прокладываемым скрыто.

Управление аварийным освещением осуществляется от щитка.

Питание электроприёмников систем противопожарной защиты (аварийное освещение, пожарная сигнализация) должно быть выполнено по самостоятельным трассам. На выходах из помещений и по коридору для эвакуации устанавливаются автономные световые указатели типа УСН «Выход».

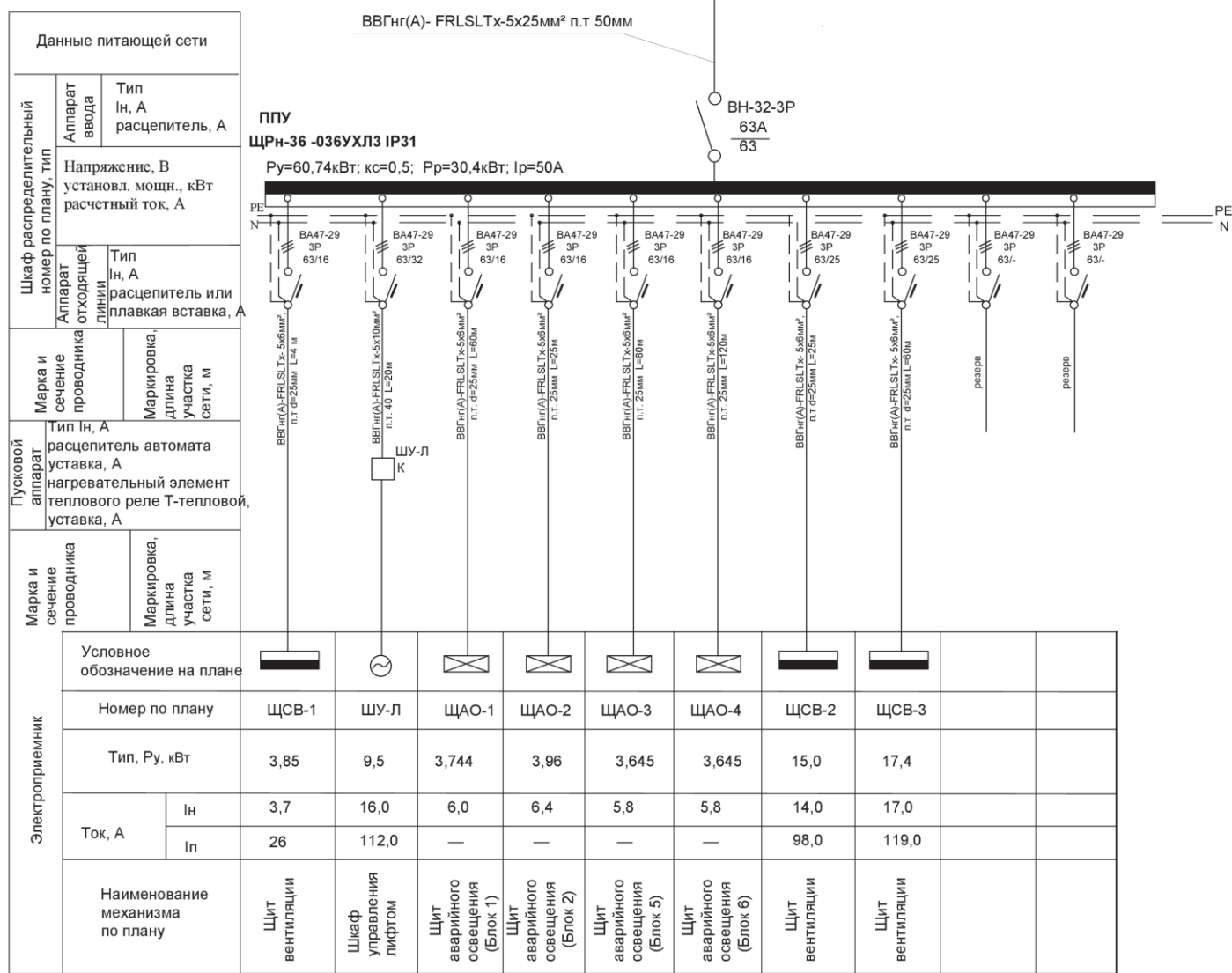


Рисунок 8 - Расчетная схема панели пожарных устройств ППУ



Выводы по разделу.

Осветительные щиты приняты типа ЩРв-12 и устанавливаются на стенах в нишах. Они комплектуются выключателями-разъединителями ВН32-3Р на вводе, однофазными автоматическими выключателями ВА47-29 на отходящих линиях и выключателями дифференциального тока АВДТ 30мА.

На групповых линиях освещения устанавливаются автоматические выключатели с комбинированной защитой, на розеточных группах - дифференциальные автоматы с комбинированной защитой.

Питание щитков аварийного освещения выполняется по I категории от панели пожарных устройств, установленной в электрощитовой.

Групповая сеть аварийного освещения выполняется кабелем марки ВВГнг(А)-FRLSLTx-3×1,5мм<sup>2</sup>, прокладываемым скрыто.

## Заключение

Целью бакалаврской работы являлось проектирование системы электроснабжения школы на 720 учеников, обладающей заданными требованиями надежности и минимальными затратами на строительство и последующую эксплуатацию.

Дана краткая характеристика здания школы и организации учебного процесса. Определено характерное технологическое оборудование пищеблока и перечень станков в кабинете трудового обучения.

Определены расчетные нагрузки по зданию школы. Суммарная расчетная нагрузка с учетом здания котельной и наружным освещением составила 202,4 кВт.

По степени надежности электроснабжения электроприемники школы относятся ко II категории, а электроприемники пожарной и охранной сигнализации, аварийное освещение, система вытяжной и приточной вентиляции дымоудаления – к I категории.

По результатам расчетов для установки на КТП выбран трансформатор ТМГ мощностью 250 кВА, который устанавливается в тупиковой ТП киоскового типа КТПК-Т-КК-250-10/0,4кВ.

В соответствии с ПУЭ для потребителей общественных зданий и вспомогательных сооружений, не превышающих суммарную мощность 250кВт, компенсация реактивной мощности не требуется.

Распределительные сети 0,4кВ к зданию школы и к котельной от КТП и ДЭС выполняются взаимно-резервируемыми кабелями марки АВБШвнг(А)-LS соответствующих сечений, прокладываемыми в траншее. Для защиты кабельных линий от перегрузки в точках подключения устанавливаются автоматические выключатели, которые выбраны по току и по условиям короткого замыкания.

Электроприемники I категории электроснабжения не допускают перерыва электроснабжения на время большее, чем время автоматического

восстановления питания. При этом поставляемая всем электроприемникам электрическая энергия должна удовлетворять требованиям ГОСТ 32144-2013 по основным показателям, касающимся отклонения напряжения, искажения его синусоидальности и несимметрии.

Поскольку имеется только одна питающая линия 10 кВ и выбрана однострансформаторная КТП, то в качестве резервного источника устанавливается модульная дизельная электростанция типа АДРя-220С-Т400 мощностью 220кВт II степени автоматизации с АВР.

Такие дизель-генераторы находятся в дежурном режиме, но в любой момент могут подать нагрузку потребителю. Первое и главное условие - температура охлаждающей жидкости. Второе условие - наличие постоянной подзарядки аккумуляторных батарей. Третье условие - периодический запуск ДГУ с целью создания давления масла.

При проектировании системы электроснабжения объекта приняты следующие мероприятия по экономии электроэнергии:

- исключение ламп накаливания мощностью 100Вт и более;
- применение светильников со светодиодными лампами и люминесцентных с электронными ПРА;
- равномерное распределение электрических нагрузок по фазам;
- применение светильников с повышенной светоотдачей.

Для защиты персонала от поражения электрическим током проектом предусматривается устройство внутреннего контура заземления и наружного заземляющего устройства.

Согласно выполненным расчетам конструкция проектируемого заземляющего устройства представляет собой сварное соединение горизонтального заземлителя (полосовая оцинкованная сталь сечением не менее 4×40 мм) и вертикальных заземлителей (круглая оцинкованная сталь диаметром не менее 16 мм длиной 3 м каждый), уложенных в земляную траншею. Сопротивление заземляющего устройства при этом не превышает 4 Ом.

Молниезащита здания школы выполняется по III категории. В качестве молниеприемника в работе предусматривается устройство молниеприемной сетки из оцинкованной круглой стали диаметром 8 мм с шагом сетки не более 6 м.

В качестве основного источника света применяются светильники с люминесцентными лампами с электронными пускорегулирующими аппаратами как рекомендованные для зданий школьного образования. Для каждого из помещений школы был выполнен выбор типа светильника и произведен расчет количества, необходимого для обеспечения норм освещенности.

Магистральные и групповые сети освещения выполняются кабелями с медными жилами с изоляцией и оболочкой из ПВХ пластиката с пониженной пожароопасностью, с низким дымо- газовыделением, низкой токсичностью продуктов горения, с термическим барьером марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.

Для наружного освещения приняты энергоэкономичные светодиодные светильники ДКУ01-1002-60Д-5000К.

Осветительные щиты приняты типа ЩРв-12 и устанавливаются на стенах в нишах. Они комплектуются выключателями-разъединителями ВН32-3Р на вводе, однофазными автоматическими выключателями ВА47-29 на отходящих линиях и выключателями дифференциального тока АВДТ 30мА.

На групповых линиях освещения устанавливаются автоматические выключатели с комбинированной защитой, на розеточных группах - дифференциальные автоматы с комбинированной защитой.

Питание щитков аварийного освещения выполняется по I категории от панели пожарных устройств, установленной в электрощитовой.

Групповая сеть аварийного освещения выполняется кабелем марки ВВГнг(А)-FRLSLTx-3×1,5мм<sup>2</sup>, прокладываемым скрыто.

## Список используемой литературы

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. Закон РФ от 07.02.1992 N 2300-1 (ред. от 04.08.2023) О защите прав потребителей. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_305/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_305/) (дата обращения 30.12.2023).
9. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2015. 368с.
10. 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).
11. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 416 с.
12. Письмо от 21 сентября 2011г. №13-4-03-3108ф ВНИИПО МЧС России [Электронный ресурс]. URL: [https://norm-load.ru/PB/INF\\_VNIPO/3108/1.htm](https://norm-load.ru/PB/INF_VNIPO/3108/1.htm) (дата обращения 30.12.2023).
13. 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).
14. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 23.01.2024).
15. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 13.08.2023).
16. Рожин А.Н., Бакшаева Н.С. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. 258с.

17. 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).
18. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2023. 328 с.
19. Синенко Л.С., Электроснабжение. Версия 1.0. [Электронный ресурс]: учеб. пособие к практ. занятиям. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/122353214> (дата обращения 26.01.2024).
20. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034368> (дата обращения 15.12.2023).
21. 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).
22. 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).
23. СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87 (с Поправкой, с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Свод правил от 20.05.2011. URL: [docs.cntd.ru/document/1200084087](https://docs.cntd.ru/document/1200084087) (дата обращения 08.01.2024).
24. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]: Свод правил от 05.08.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 16.12.2023).
25. СП 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).

26. 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).

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

28. 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 12.01.2024).