

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Энергосбережение и энергоаудит

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование энергоэффективной системы электроснабжения учреждения среднего образования

Обучающийся

Н.С. Свиначев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

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

Консультант

М.В. Дайнеко

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

Тольятти 2023

## Аннотация

В бакалаврской работе рассмотрены вопросы создания энергоэффективной системы электроснабжения здания средней школы с бассейном.

Дана краткая характеристика здания школы, предполагаемого количества обучающихся, назначения блоков школы. Определены характеристики внешнего источника питания. Выполнен расчет ожидаемых электрических нагрузок по всему зданию школы. Определены значения нагрузок потребителей первой и второй категории по надёжности электроснабжения. Рассмотрены вопросы обеспечения надёжного электроснабжения потребителей в зависимости от их категории. Определены параметры системы заземления и молниезащиты здания. Выбраны проводники для питания отдельных электроприёмников и групповых сетей. Выполнен выбор аппаратов защиты. Определены параметры внутреннего и наружного освещения здания. Для обеих систем используются светодиодные светильники. Рассмотрены вопросы энергосбережения, которые позволят зданию обеспечить соответствие классу энергосбережения С+.

Определены параметры питающей трансформаторной подстанции. Выбраны ячейки для установки на стороне 10 кВ и 0,4 кВ, выполнен расчёт линии 0,4 кВ от трансформаторной подстанции до ВРУ школы. Произведен расчёт потерь напряжения в выбранных линиях. Рассчитаны однофазные токи короткого замыкания и проверены выбранные автоматические выключатели. Определены параметры резервной дизель-генераторной установки и выбрана её мощность.

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

## **Abstract**

In the bachelor's work, the issues of creating an energy-efficient power supply system for a secondary school building with a swimming pool are considered.

A brief description of the school building, the estimated number of students, the purpose of the school blocks is given. The characteristics of the external power supply are determined. The calculation of the expected electrical loads throughout the school building was performed. The values of loads of consumers of the first and second categories according to the reliability of power supply are determined. The issues of ensuring reliable power supply to consumers depending on their category are considered. The parameters of the grounding system and lightning protection of the building are determined. Selected conductors for powering individual electrical receivers and group networks. The choice of protection devices has been made. The parameters of internal and external lighting of the building are determined. Both systems use LED lights. The issues of energy saving that will allow the building to comply with the energy saving class C + are considered.

The parameters of the supply transformer substation are determined. Cells for installation on the side of 10 kV and 0.4 kV were selected, the calculation of the 0.4 kV line from the transformer substation to the ASP of the school was performed. The calculation of voltage losses in the selected lines was made. Single-phase short-circuit currents have been calculated and selected circuit breakers have been tested. The parameters of the backup diesel generator set were determined and its power was selected.

The final qualifying work consists of an explanatory note of 53 pages of printed text and a graphic part, made on six sheets of A1 format.

## Содержание

Введение.....	5
1 Проектирование системы внутреннего электроснабжения .....	9
1.1 Выбор схемы электроснабжения.....	9
1.2 Определение расчетных нагрузок потребителей здания школы .....	10
1.3 Надежность электроснабжения потребителей, качество электроэнергии и компенсация реактивной мощности .....	18
1.4 Система заземления и молниезащиты здания.....	20
1.5 Выбор проводников, автоматических выключателей и осветительной арматуры .....	23
1.6 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения.....	27
1.7 Вопросы энергосбережения .....	32
2 Определение параметров наружных сетей электроснабжения, дизельной электрической станции и трансформаторной подстанции .....	35
2.1 Устройство ТП 10/0,4 кВ.....	41
2.1.1 Схема электрических соединений 10кВ.....	41
2.1.2 Схема электрических соединений 0,4кВ.....	41
2.1.3 Измерение и учет электроэнергии .....	42
2.1.4 Электроосвещение и электросиловая часть.....	42
2.1.5 Заземление и защита от грозовых перенапряжений .....	43
2.1.6 Мероприятия по технике безопасности и противопожарной технике .....	44
2.2 Проектируемая блок–контейнерная дизель-генераторная установка на 0,4кВ .....	45
2.2.1 Заземление и защитные меры безопасности ДГУ.....	46
2.2.2 Противопожарная безопасность ДГУ.....	47
Заключение .....	49
Список используемой литературы .....	51

## Введение

Общеобразовательная школа располагается в четырехэтажном с подвалом отдельно стоящем здании, предназначена для воспитания и обучения детей с семилетнего возраста до восемнадцати лет. Обеспечена возможность учащихся-инвалидов учиться в составе любой учебной группы (ученического класса). В каждом учебном помещении оборудовано по 2 места для учащихся - инвалидов по нарушению здоровья - опорно-двигательного аппарата (ОДА).

Школа выполняет функцию школы полного дня, в которой учащиеся будут получать образование, выполнять уроки, заниматься спортом, отдыхать, питаться. Образовательная деятельность предусмотрена с 8.00 до 14.00 часов, а пребывание обучающихся в группе продленного дня с 14.00 до 19.00 часов. Помещения для групп продленного дня обучающихся предусмотрены в пределах учебных секций, включая рекреации. Для обучающихся первых и вторых классов в режиме продленного дня предусмотрена спальня, игровые комнаты.

Площади кабинетов и расстановка оборудования в учебных помещениях приняты с учетом действующих норм и правил, с соблюдением возраста и роста детей.

В школе предусматривается трехступенчатая система обучения:

- I ступень - начальная школа в составе I-IV классов,
- II ступень – основная школа в составе V-IX классов,
- III ступень – старшая школа в составе X-XI классов.

Наполняемость классов составляет от 22 до 23 учащихся.

Начальная школа:

- три параллели по 22 ученика;
- одна параллель по 23 ученика.

Всего – 356 учащихся.

Средняя и старшая школы – наполняемость классов от 22 до 23

учащихся.

Всего – 619 учащихся.

Итого обучающихся – 975 чел.

Количество смен – 1. Здание школы состоит из 4-х блоков.

Блок А. В подвале расположены помещения: постирочная, гладильная, кладовые грязного и чистого белья, комната персонала, технические, бытовые и подсобные помещения. Постирочная предназначена для стирки постельного белья, используемого в детской спальне, а также санодержки работников столовой. Производительность постирочной – 12 кг/смену. Продолжительность смены – 4 часа при 5-дневной рабочей неделе. В постирочной установлены стиральные и сушильные машины. В гладильной предусмотрены каток гладильный, стол гладильный с бойлером. Бельё в постирочную доставляется при помощи грузового лифта грузоподъемностью 100 кгс. В комнате персонала установлена бытовая техника и мебель для отдыха.

На первом этаже расположены кабинеты начальных классов (5 шт.), кабинет музыки, кабинет предшкольной подготовки, спальня, спортивный зал, инвентарная, тренерская, санитарно-бытовые и подсобные помещения.

На втором этаже расположены кабинеты начальных классов (6 шт.), кабинет предшкольной подготовки, учительская, игровая, санитарные и подсобные помещения.

На третьем этаже предусмотрены кабинеты начальных классов (7 шт.), игровая, кабинет заместителя директора, библиотека, книжные фонды, читальный зал на 40 мест, санитарные и подсобные помещения.

На четвертом этаже расположены кабинет совета лицеистов, библиотека, книжные фонды, читальный зал на 47 мест, учительская.

Блок Б. На первом этаже расположены: вестибюль, комната охраны, гардеробы учащихся начальной, основной и старшей школы, гардероб персонала.

На втором этаже предусмотрены актовый зал на 500 мест, конференц-

зал на 60 мест, театральная студия, санитарные и подсобные помещения.

На третьем этаже расположены зал заседаний, кабинет психолога, административные помещения, комната персонала, санитарные, технические и подсобные помещения.

На четвертом этаже предусмотрены музей, студия хореографии, кабинет экологии, кабинет информатики с лаборантской, санитарные и подсобные помещения.

Блок В. На первом этаже расположены бассейн с раздевалками и санитарными помещениями, мастерские по обработке дерева и металла, комнаты мастеров, кладовые материалов, помещение хранения лыж и ботинок, электрощитовая. Здесь же расположен медицинский блок помещений, состоящий из кабинетов: врача, процедурного, прививочного, стоматологического, психолога, логопеда, а также социального работника. На первом этаже также находятся кабинет радиомоделирования, кабинет дизайна и компьютерного моделирования, кабинет домоводства (швейное дело), кабинет кулинарии с лаборантской, студия обработки тканей, два кабинета технологии (теория), тренерские, инвентарные, комната персонала, гардеробные, раздевалки, санитарные и подсобные помещения.

На втором этаже предусмотрены гимнастический и спортивный залы с раздевалками, инвентарными, тренерскими, кабинеты физики, истории, математики, русского и иностранного языков, практикум по физике, лаборантские, артистические уборные, санитарные и подсобные помещения.

На третьем этаже расположены кабинеты биологии, географии, истории, ОБЖ, математики, черчения и ИЗО, русского и иностранного языка, практикум по биологии, лаборантские, телестудия, радиоузел, студия звукозаписи, санитарные и подсобные помещения.

На четвертом этаже предусмотрены кабинеты математики, астрономии, информатики, химии, практикума по химии, иностранного языка, лаборантские, робототехники, санитарные и подсобные помещения.

Блок Б.1. На первом этаже расположена столовая на 487 мест.

Горячий цех столовой оснащен тепловым, холодильным и вспомогательным оборудованием. Для приготовления горячих блюд установлены 4-х конфорочные электроплиты (4 шт.), пароконвектоматы (2 шт.), электрические сковороды (2 шт.), пищеварочные котлы (6 шт.). В качестве вспомогательного оборудования применяются производственные столы, различной конструкции, моечная ванна, протирачная машина, настольные весы. Над тепловым оборудованием установлены местные вентотсосы и вытяжные зонты.

В холодном цехе столовой предусмотрено приготовление холодных блюд. Оборудование - производственные столы, холодильные шкафы, настольные весы, овощерезка, моечная ванна, слайсер, бактерицидный облучатель.

В моечной столовой посуды установлена посудомоечная машина. В моечных столовой и кухонной посуды предусмотрен электроводонагреватель.

Для временного хранения пищевых отходов предусмотрено отдельное помещение, где установлены холодильные шкафы.

Цель бакалаврской работы заключается в проектировании энергоэффективной системы электроснабжения здания школы.

## **1 Проектирование системы внутреннего электроснабжения**

Электроснабжение школы будет осуществляться на напряжении ~380/220В от проектируемой трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ. Основным и резервным источниками питания являются разные трансформаторы, получающие питание по двум независимым линиям от городской понизительной подстанции.

### **1.1 Выбор схемы электроснабжения**

В качестве вводно-распределительного устройства приняты сборные щиты производства АО «Элевел Инженер»: ВРУ-I, ВРУ-II (для потребителей II категории) и ШАВР (для потребителей I категории), устанавливаемые в электрощитовой на первом этаже здания. В вводно-распределительных устройствах устанавливаются счетчики электроэнергии: Меркурий-230 ART03 PQRSIDN 380В, 5-7,5А класса точности 0,5 - 4шт (подключены через трансформаторы тока ТШП-0,66 400/5 кл.0,5S) в шкафах ВРУ-I, ВРУ-II и Меркурий-230 ART03 PQRSIDN 380В, 5-7,5А класса точности 0,5 (подключен через трансформаторы тока ТШП-0,66 500/5 кл.0,5S) в шкафу ШАВР.

В коридорах предусмотрены встраиваемые щиты типа ЩРВ, устанавливаемые в ниши в стенах и не препятствующие эвакуации. В щиты на отходящих линиях устанавливаются автоматические выключатели ВА47-29 и для линий электропитания розеточной сети автоматические выключатели дифференциального тока АД-32. Высота установки шкафов равна 1,2м от уровня чистого пола. Шкафы имеют замки с ключами, которые должны находиться в ведении главного энергетика здания.

Подключение силового оборудования (технологического, светового, вентиляции, слаботочных систем и т.п.) производится от локальных комплектных щитов питания и управления.

При пожаре производится отключение общеобменной вентиляции и

кондиционирования путем подачи сигнала от системы пожарной сигнализации на независимые расцепители автоматических выключателей в шкафах ВРУ-I и ВРУ-II, питающих шкафы электропитания вытяжных вентиляторов и кондиционеров. Отключение приточных установок осуществляется путем подачи индивидуальных сигналов на их шкафы управления.

Для того, чтобы не превысить максимальную разрешенную мощность 665,7 кВт, при пожаре отключаются щиты силовые электропитания оборудования пищеблока ЩСк1 и ЩСк2, для этого от системы пожарной сигнализации подаются сигналы на независимые расцепители автоматических выключателей в шкафах ВРУ-I и ВРУ-II питающих эти щиты.

В проекте принята система заземления TN-C-S. Разделение совмещенного PEN- проводника питающей линии на рабочий нулевой проводник N и защитный нулевой проводник PE осуществляется в шкафах ВРУ-I, ВРУ-II и ШАВР.

Потребители I-ой категории запитываются от шкафа ШАВР с блоком АВР на три ввода электропитания. 2 ввода с разных секций подстанции, 3 ввод от проектируемой дизель-генераторной установки, рассчитанной на время работы не менее 3 часов при полной нагрузке потребителей I-категории (режим Пожар).

## **1.2 Определение расчетных нагрузок потребителей здания школы**

Решения по силовому электрооборудованию и электрическому освещению объекта, приняты и в соответствии с требованиями инструктивно-нормативных документов по проектированию электроустановок (ПУЭ, СНиП «Естественное и искусственное освещение», СН-357-77 «Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования и др.») Основными силовыми потребителями энергии являются:

- технологическое оборудование пищеблока;

- вентиляционное оборудование и оборудование кондиционирования;
- насосы повышения давления;
- оборудование индивидуального теплового пункта;
- бытовое и компьютерное оборудование в кабинетах и прочих помещениях;
- оборудование актового зала;
- оборудование бассейна;
- противодымная вентиляция;
- лифты.

В групповых щитах на отходящих линиях устанавливаются автоматические выключатели на соответствующие токи.

Расчет нагрузок выполнен методом коэффициентов спроса согласно СП256.1325800.2016.

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

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

где  $K_{c.p}$  - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.p}$  - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт (в том числе для подключения оргтехники);

$n$  - число розеток» [1].

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

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

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

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

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

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

где « $K_c$  - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$  - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [1].

«Расчетную электрическую нагрузку питающих линий и вводов в рабочем и аварийном режимах при совместном питании силовых электроприемников и освещения  $P_p$ , следует определять по формуле» [1]:

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

где « $K$  - коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов нагрузок силовых электроприемников, включая холодильное оборудование и освещение;

$K_1$  - коэффициент, зависящий от отношения расчетной электрической нагрузки освещения к нагрузке холодильного оборудования холодильной станции;

$P_{p.o}$  - расчетная электрическая нагрузка освещения;

$P_{p.c}$  - расчетная электрическая нагрузка силовых электроприемников без холодильных машин систем кондиционирования воздуха;

$P_{p.x.c}$  - расчетная электрическая нагрузка холодильного оборудования систем кондиционирования воздуха» [1].

Результаты расчета нагрузок по представленной выше методике для групп электроприемников II-й категории здания школы сводим в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты расчета нагрузок для групп электроприемников II-й категории здания школы

Наименование электроприемников	Кол-во. шт.	Мощн. единицы кВт	Установл. мощность, кВт	Кс	Обоснование , № таблицы СП	Расчетная мощность, кВт
<b>Освещение</b>						
Эл. освещение рабочее	1	76,15	76,15	0,78	-	59,40
Эл. освещение аварийное	1	32,55	32,55	1	-	32,55
Эл. освещение наружное	1	6,675	6,675	1	-	6,67
<b>Тепловое оборудование</b>						
Электроплита бытовая	1	6,0	6	-	-	2,82
Электроплита с жарочным шкафом	5	16,0	80	-	-	37,60
Электросковорода	2	6,0	12	-	-	5,64
Электрокотел	2	9,6	19,2	-	-	9,02
Электрокотел	2	18,9	37,8	-	-	17,77
Электрокотел	2	24,0	48	-	-	22,56
Пароконвектомат	2	12,5	25	-	-	11,75
Шкаф пекарский	1	16,5	16,5	-	-	7,76
Конвекционная печь	1	10,5	10,5	-	-	4,94
Расстоечный шкаф	3	2,4	7,2	-	-	3,38
Итого	21	-	262,2	0,47	таблица 7.9	123,23
<b>Технологическое оборудование пищеблока</b>						
Посудомоечная машина	1	13,5	13,5	1	таблица 7.10	13,50
Линия раздачи самообслуживания	2	4,38	8,76	-	-	4,12
Слайсер	1	0,14	0,14	-	-	0,07
Овощерезка для сырых овощей	1	0,75	0,75	-	-	0,35
Овощерезка для вареных овощей	1	1	1	-	-	0,47
Картофелечистка	1	0,75	0,75	-	-	0,35
Мясорубка	1	0,81	0,81	-	-	0,38
Мясорубка	1	2,71	2,71	-	-	1,27
Машина для протирки продуктов	1	0,75	0,75	-	-	0,35
Тестомес	1	1,7	1,7	-	-	0,80
Просеиватель для муки	4	0,18	0,72	-	-	0,34
Весы напольные электронные	1	0,05	0,05	-	-	0,02
Шкаф холодильный среднетемпературный	7	0,35	2,45	-	-	1,15

Продолжение таблицы 1

Наименование электроприемников	Кол-во. шт.	Мощн. единицы кВт	Установл. мощность, кВт	Кс	Обоснование , № таблицы СП	Расчетная мощность, кВт
Шкаф холодильный среднетемпературный	4	0,55	2,2	-	-	1,03
Моноблок среднетемпературный	4	0,46	1,84			0,86
Моноблок низкотемпературный	2	0,92	1,84			0,86
Водонагреватель гейзерный	4	1,65	6,6			,10
Овоскоп	1	0,06	0,06			0,03
Итого	38	-	46,63	0,47	таблица 7.9	29,07
Сантехническое оборудование						
Вытяжные вентиляторы (59 шт)	1	20,56	20,56	-	-	10,90
Системы кондиционирования (12 шт)	1	167,854	167,854	-	-	88,96
Приточно-вытяжные установки (3 шт)	1	50,6	50,6	-	-	26,82
Приточные установки (22 шт)	1	37	37	-	-	19,61
Тепловые завесы	2	3	6	-	-	3,18
Теплый пол	3	0,1	0,3	-	-	0,16
Электроводонагреватель	2	1,6	3,2	-	-	1,70
Водонагреватель накопительный 15л	3	1,5	4,5	-	-	2,39
Водонагреватель накопительный 100л	9	1,5	13,5	-	-	7,16
Водонагреватель накопительный 50л	27	1,5	40,5	-	-	21,47
Водонагреватель накопительный 30л	6	1,5	9	-	-	4,77
Водонагреватель накопительный 500л	2	6	12	-	-	6,36
Дренажный насос	4	0,37	1,48	-	-	0,78
Насосная станция на хоз.питьевые нужды	1	4	4	-	-	2,12
Шкаф учета тепловой энергии ШУ1	1	0,02	0,02	-	-	0,01
Шкаф учета холодной воды ШУ2	1	0,02	0,02	-	-	0,01
Итого	65	-	370,534	0,53	таблица 7.5 п.1	196,38

Продолжение таблицы 1

Наименование электроприемников	Кол-во. шт.	Мощн. единицы кВт	Установл. мощность, кВт	Кс	Обоснование , № таблицы СП	Расчетная мощность, кВт
Технологическое оборудование прачечной						
Стиральная машина бытовая	1	2	2	-	-	1,14
Стиральная машина	1	4,4	4,4	-	-	2,51
Сушильная машина	1	5,3	5,3	-	-	3,02
Каток гладильный	1	3,37	3,37	-	-	1,92
Гладильный стол с бойлером	1	3,7	3,7	-	-	2,11
Итого	5	-	18,77	0,57	таблица 7.8 п.16	10,70
Прочее						
Оборудование актового зала (РЦ-1...РЦ-4)	1	201,43	201,43	0,48	-	96,33
Силовое электрооборудование бассейна	1	15	15	1	-	15
Верстак слесарный	12	0,15	1,8	0,2	таблица 7.8 п.11	0,36
Станок заточный	2	0,45	0,9	0,2		0,18
Вертикально-фрезерный станок	1	0,55	0,55	0,2		0,11
Станок токарный	1	1,1	1,1	0,2		0,22
Станок сверлильный	2	1,5	3	0,2		0,6
Станок токарный деревообрабатывающий	1	0,7	0,7	0,2		0,14
Компьютер	129	0,5	64,5	0,4		таблица 7.8 п.9
Принтер	9	0,5	4,5	0,4	1,8	
Тележка-хранилище ноутбуков с WiFi	4	1	4	0,4	1,6	
Музыкальная аппаратура	1	0,15	0,15	0,4	0,06	
Телевизор	12	0,15	1,8	0,5	-	0,9
Блендер	1	0,6	0,6	0,6	-	0,36
Электрочайник	4	1,7	6,8	0,6	-	4,08
Машина швейная	24	0,1	2,4	0,2	таблица 7.8 п.14	0,48
Машина швейно-вышивальная	2	0,2	0,4	0,2		0,08
Доска интерактивная с мультимедийным проектором	16	0,3	4,8	0,2		0,96
Стол демонстрационный с 3-мя розетками	5	0,6	3	0,2		0,6

Продолжение таблицы 1

Наименование электроприемников	Кол-во. шт.	Мощн. единицы кВт	Установл. мощность, кВт	Кс	Обоснование , № таблицы СП	Расчетная мощность, кВт
Стол лабораторный с 2-мя розетками	13	0,4	5,2	0,2	таблица 7.8 п.14	1,04
Холодильник бытовой	8	0,15	1,2	0,6	-	0,72
Весы электронные	9	0,02	0,18	0,2	-	0,036
Микроволновая печь	4	1	4	0,6	-	2,4
Оверлог	2	0,1	0,2	0,2	таблица7.8 п.14	0,04
Утюг	4	2,4	9,6	0,2	-	1,92
Шкаф вытяжной 1ф	3	3	9	0,2		1,8
Аквадистиллятор 1ф	1	3	3	0,2		0,6
Камера для хранения стерильных инструментов	1	0,2	0,2	0,6	-	0,12
Установка стоматологическая	1	0,75	0,75	0,6	-	0,45
Компрессор	1	0,5	0,5	0,6	-	0,3
Облучатель бактерицидный	7	0,2	1,4	0,3	таблица7.8 п.15	0,42
Лампа для офтальмологического обследования	1	0,075	0,075	0,3		0,0225
Холодильник фармацевтический	2	0,2	0,4	0,3		0,12
Таблица Сивцева	1	0,05	0,05	0,3		0,015
Лифт грузовой	1	1,5	1,5	0,8	таблица7.8 п.6	1,2
Аппарат для сушки волос	22	0,85	18,7	0,5	-	9,35
Табло световое электронное с пультом	2	0,3	0,6	0,5	-	0,3
Стеллаж сушильный для ботинок	2	1,57	3,14	0,8	-	2,512
Оборудование студии звукозаписи	1	0,5	0,5	0,5	-	0,25
Оборудование телестудии	1	0,5	0,5	0,5	-	0,25
Розетки под прочее оборудование	260	0,06	15,6	0,1	-	1,56
Пульт связи МГН	3	0,01	0,03	1	-	0,03
Источник вторичного электропитания для МГН	3	0,1	0,3	1	-	0,3

Продолжение таблицы 1

Наименование электроприемников	Кол-во. шт.	Мощн. единицы кВт	Установл. мощность, кВт	Кс	Обоснование, № таблицы СП	Расчетная мощность, кВт
Приемник трехпрограммный	50	0,01	0,5	0,5	-	0,25
Точка доступа WiFi	20	0,02	0,4	1	-	0,4
Усилитель сигнала	1	0,015	0,015	1	-	0,015
Часы настенные	16	0,01	0,16	1	-	0,16
Итого	668	-	395,13	-	-	176,24
Итого по силовому оборудованию Рр.р.	-	-	-	-	-	535,6
На вводе в здание Рр. = К × (Рр.о. + Рр.р.)	-	-	-	1	таблица 7.11	601,7

В таблице 2 приведены результаты расчета нагрузок для потребителей, относящихся к первой категории надежности и общие данные по нагрузке здания школы.

Таблица 2 - Результаты расчета нагрузок для потребителей, относящихся к первой категории надежности

Наименование объекта	Уст. нагр., кВт	Расчетная нагрузка, кВт		
		I-й категории		II-й категории
	-	Нормальный режим	Аварийный режим при пожаре	
Административное здание				
ИТП	0,93	0,93	0,93	-
Насосная установка пожаротушения	5,74	-	5,74	-
Эл. освещение аварийное	17,55	17,55	17,55	-
Пожарная сигнализация	6,42	6,42	6,42	-
Видеонаблюдение	2	2	2	-
Лифты	28,7	28,7	28,7	-
Собственные нужды ДГУ	2	2	2	-
Оборудование системы связи	2	2	2	-
Привод окна	0,35	0,35	0,35	-
Противодымная вентиляция	226,13	4,08	171,01	-
Итого	291,8	64,0	236,7	601,7
Всего	-	-	-	665,7

Установленная мощность указана для всего здания школы. Аварийный режим принят для одного пожарного отсека.

Максимальная расчетная нагрузка на вводе в здание в рабочем режиме:

$$P_{p.макс.} = P_{p.2кат} + P_{p.1кат}, \quad (5)$$
$$P_{p.макс.} = 601,7 + 64,0 = 665,7 \text{ кВт.}$$

Максимальная расчетная нагрузка при пожаре на вводе в здание (с учетом отключаемого при пожаре оборудования):

$$P_{авар.макс.} = P_{p.2кат} + P_{авар.1кат} - P_{p.откл}, \quad (6)$$
$$P_{авар.макс.} = 601,7 + 236,7 - 302,1 = 538,8 \text{ кВт.}$$

Расчетная мощность электрических нагрузок в нормальном режиме составляет – 665,7кВт; из них потребители I-й категории в нормальном режиме–64,0кВт; потребители II-й категории в нормальном режиме - 601,7кВт.

Расчетная мощность электрических нагрузок в режиме пожара составляет – 538,8кВт; из них потребители I-й категории в режиме пожара- 236,7кВт; потребители II-й категории в режиме пожара - 302,1кВт.

### **1.3 Надежность электроснабжения потребителей, качество электроэнергии и компенсация реактивной мощности**

По степени надежности электроснабжения здание школы относится к потребителям II категории, за исключением потребителей, относящихся к I-ой категории: лифтов, насосной станции внутреннего противопожарного водопровода, противодымной вентиляции, охранно-пожарной сигнализации, сигнализации оповещения о пожаре, системы видеонаблюдения, шкафа системы связи, эвакуационного освещения.

В случае пропадания электроэнергии на основном вводе электроприемники переводятся на электропитание от резервного ввода следующим образом [2]:

- потребители II категории вручную действиями обслуживающего персонала при помощи перекидного рубильника в ВРУ-I и ВРУ-II;
- потребители I категории автоматически при помощи блока АВР в ШАВР (в случае пропадания напряжения на рабочем вводе от подстанции блок АВР переключается на резервный ввод от подстанции, в случае отсутствия напряжения на резервном вводе формируется сигнал на запуск дизель-генераторной установки, электроприемники переключаются на ввод электропитания от ДГУ). Также часть электроприемников имеют дополнительные ИБП (пожарная сигнализация, шкаф системы связи, система видеонаблюдения, станция пожаротушения, эвакуационные светильники «Выход», расположенные вдоль путей эвакуации). Оборудование ИТП снабжено дополнительным блоком АВР, установленным в шкафу ЩА1. Насосная станция противопожарного водопровода также оснащена дополнительным блоком АВР, установленным в комплектном шкафу ШУН1.

Согласно технических условий на присоединение необходимо обеспечить соотношение потребления активной и реактивной мощности  $\text{tg}\varphi_{\text{треб}} \leq 0,4$ , что соответствует требуемому коэффициенту мощности  $\text{cos}\varphi_{\text{треб}} \geq 0,928$ . Расчетный коэффициент мощности проектируемого здания  $\text{cos}\varphi_{\text{расч}} = 0,93$ . Соответственно требование технических условий выполняется. Дополнительные мероприятия по компенсации реактивной мощности не требуются.

В работе предусмотрено автоматическое отключение вентиляции при пожаре - при срабатывании пожарной сигнализации.

## 1.4 Система заземления и молниезащиты здания

Защита от поражения электрическим током обеспечивается [6]:

- автоматическим отключением питания при многофазных и однофазных КЗ (защита от сверхтока);
- изоляцией токоведущих частей и применением защитных оболочек электрооборудования комплектного исполнения;
- защитным заземлением электрооборудования по системе «TN-C-S», где в части сети от ТП до ВРУ здания заземление производится по совмещенному нулевому защитному проводу «PEN», а от ВРУ до щитков освещения, силовых щитов и электроприемников по «РЕ» - жиле в составе питающего кабеля;
- основной и дополнительной системами уравнивания потенциалов, показанных на схемах листа 4 графической части.

Основная и дополнительная системы уравнивания потенциалов показаны на рисунках 1 и 2 соответственно.

В соответствии со СНиП 3.05.06-85 и ГОСТ Р 50571.10-96 (МЭК364-5-54-80) все металлические и нетоковедущие части электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением вследствие повреждения изоляции, заземлены. В качестве главной заземляющей шины (ГЗШ) используется отдельно установленная в электрощитовой шина ГЗШ.03- 440.570.16М8-М, соединенная с РЕ-шинами ВРУ-I, ВРУ-II и ШАВР проводом ВВГнг-1×95.

Для повторного заземления электроустановки здания к главной заземляющей шине присоединяется заземлитель, объединенный с заземлителем молниезащиты.

Предусматривается установка автоматических выключателей дифференциального тока с номинальным током утечки 30мА на отходящих линиях распределительной сети к штепсельным розеткам [7].

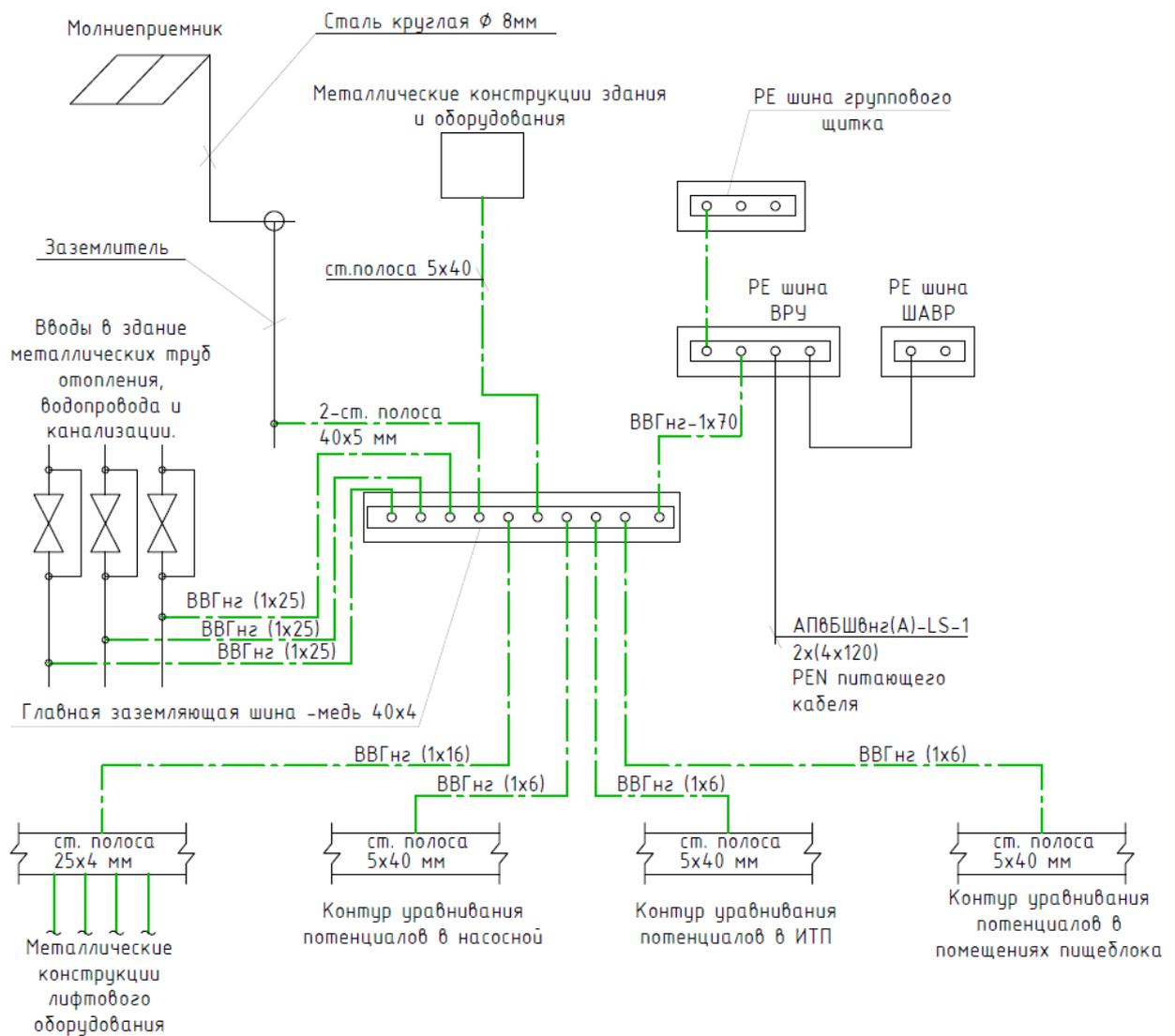


Рисунок 1 - Основная система уравнивания потенциалов

В соответствии с инструкцией СО-153-34.21.122-2003 и «Инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122-87 таблица 1., п.15 образовательное учреждение по устройству молниезащиты относится к III категории и должно быть защищено от прямых ударов молний и заносов высокого потенциала через наземные (подземные) металлические коммуникации (п.1.2).

В качестве молниезащиты от прямых ударов молнии предусмотрена молниеприемная сварная сетка с шагом ячейки до  $10 \times 10$  м из арматурной стали диаметром 8 мм, уложенной на кровле здания по верху крыши.

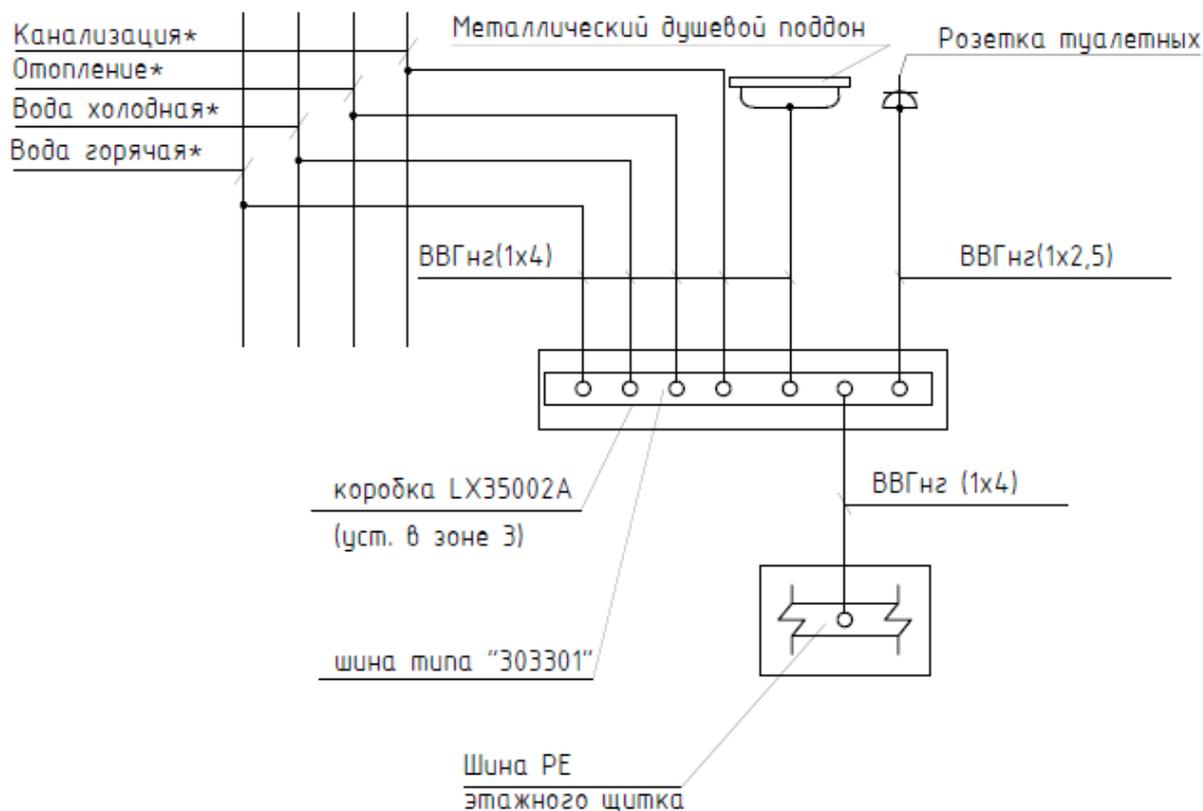


Рисунок 2 - Дополнительная система уравнивания потенциалов

Металлические ограждения на крыше здания и все выступающие части также используются в качестве молнеприемников и присоединены к молнеприемной сетке токопроводами из полосовой стали 40×5 мм. Выступающие неметаллические конструкции оборудованы стержневыми молнеприемниками, соединенными с общим контуром молниезащиты [8].

Вертикальное соединение молнеприемников и заземлителей осуществляется сталью круглой диаметром 8 мм, с шагом не более 25 м по периметру здания, проложенной поверх фасада. Токоотводы, прокладываемые по наружной стене здания, расположить не ближе, чем в 3 м от входов в местах, не доступных для прикосновения людей. В качестве заземлителя используются штыревые вертикальные заземлители, диаметром 16 мм, L=3000 мм, фирмы ЕКФ с защитой от коррозии объединенные сталью полосовой 5×40 (покрытие методом горячего цинкования по ГОСТ 9.307-89).

В здании школы выполнена основная система уравнивания потенциалов, соединяющая между собой следующие проводящие части [9]:

- PEN-проводники питающей сети 0,4кВ;
- металлоконструкции здания;
- вводы в здание металлических труб отопления, водопровода и канализации;
- воздуховоды;
- металлические корпуса электрооборудования;
- металлические кабельные конструкции и корпуса электрических щитов;
- заземлитель;
- главная заземляющая шина ГЗШ;
- металлические конструкции лифтового оборудования;
- электрооборудование ИТП, насосной и пищеблока.

Также предусмотрена дополнительная система уравнивания потенциалов: присоединение проводником РВ открытой проводящей части электрооборудования уже заземленного РЕ-проводником к магистрали уравнивания потенциалов.

В рамках дополнительной системы уравнивания потенциалов проектом принята установка коробок LX35002А в душевой, в санузле, в кухонной зоне, в моечных, в зоне 3 (на расстоянии не менее 0,6 м от душевого поддона).

Все контактные соединения в системе заземления и уравнивания потенциалов должны соответствовать требованиям ГОСТ 10434-84.

### **1.5 Выбор проводников, автоматических выключателей и осветительной арматуры**

Внутренние электрические сети выполнены кабелем ВВГнг-LSLTx. Сети, питающие электропотребители систем противопожарной защиты, а также аварийного освещения выполняются огнестойким кабелем ВВГнг-FRLSLTx.

Прокладка распределительных сетей от ВРУ и распределительных пунктов, расположенных в электрощитовой, до групповых силовых щитков и щитков освещения выполняется:

- в помещении электрощитовой открыто на лотках, конструкциях;
- по коридорам 1, 2, 3, 4 этажей на лотках за подшивным потолком;
- в подвальных помещениях - открыто на лотках;
- к поэтажным силовым и осветительным щиткам скрыто в вертикальных шахтах и штробах в стене;
- скрыто в гофротрубах внутри перегородок из ГКЛ,
- скрыто в слое штукатурки,
- скрыто в трубе в полу
- в траншее на отметке не менее - 0,7 м от верхнего перекрытия, при пересечении проезжей части - 1,0м.

Групповые сети прокладываются скрыто, сменяемыми, в замоноличенной кирпичной кладкой гофротрубе, спуски к выключателям и розеткам выполняются аналогично [10].

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

- по номинальному напряжению» [4]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (5)$$

- «по номинальному току» [4]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (6)$$

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

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

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

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

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

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

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

где « $I_y$  – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$  – пусковой ток двигателя;

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

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

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

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

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

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

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

$$t_{cp} > t_{дон}, \quad (10)$$

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

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

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

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

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

$$I_2 \leq 1,45 I_{дон}, \quad (12)$$

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

$I_{нр}$  – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$  – допустимый ток кабеля;

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

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

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

Результаты выбора АВ представлены на листах графического материала.

Вводы кабелей к электрооборудованию защищены гофротрубой.

Проходы кабелей через стены выполнены в стальных патрубках. Зазоры между кабелями в патрубках заделываются легко удаляемой массой из

негорючего материала.

Подъём на кровлю, для запитки вентиляторов противодымной вентиляции, выполнены в трубе.

При проектировании кабельных линий электрических сетей исключается [11]:

- параллельная прокладка с расстоянием от проводов и кабелей до трубопроводов менее 100 мм;
- пересечение проводов и кабелей с трубопроводами с расстоянием между ними менее 50 мм;
- совместная прокладка сетей аварийного освещения и систем противопожарных устройств с другими сетями.

Высота установки розеток:

- 1,8м. - в помещениях пребывания детей. В кабинетах для питания оборудования (компьютеры), установленного на столах, удаленных от стен, предусмотрены лючки с розетками в полу (степень защиты IP66). Для возможности быстрого отключения предусмотрены щитки управления возле стола преподавателя.
- 0,4м - в помещениях административно-бытового персонала,
- 1,3м - в помещениях пищеблока. Высота установки выключателей:
- 1,8м - в помещениях пребывания детей,
- 1,0м - в помещениях административно-бытового персонала,
- 1,8м - в помещениях пищеблока.

## **1.6 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения**

Системы освещения и нормы освещения приняты согласно СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» и СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий».

Предусматривается общее равномерное рабочее, аварийное

(эвакуационное и освещение безопасности) и ремонтное освещение.

В качестве источников света в помещениях принимаются светодиодные светильники:

- ALS.OPL UNI LED 1200 - в кладовых;
- ARCTIC.OPL ECO LED 600(1200) - в технических помещениях, венткамерах, насосных;
- ASM/S LED 1500 SCHOOL - в кабинетах для освещения настенных досок;
- CD LED 13(18) - в сан. узлах и душевых;
- LEADER UMA 400H Grey - в помещении бассейна;
- OPTIMA.OPL ECO LED 595 4000К - в коридорах и кабинетах;
- OPTIMA.OPL ECO LED 1200 4000К - в спортзалах;
- OWP OPTIMA LED 300 IP54/IP54 4000К - в сан. узлах;
- OWP OPTIMA LED 595 IP54/IP54 4000К - в прачечной;
- RKL LED 29 4000К - на лестничных клетках;
- TN LED 100 4000К - в технических помещениях подвала;
- SOL P LED 600 WH 4000К (low lumen) – в вестибюле.

Рабочее освещение запитано по II категории электроснабжения и управляется с выключателей, установленных по месту.

Осветительные приборы аварийного освещения приняты постоянного действия, включаемые одновременно с осветительными приборами рабочего освещения. Светильники и выключатели аварийного освещения промаркированы буквой «А» красного цвета. Аварийное освещение запитано отдельно по I категории электроснабжения и управляется от выключателей по месту, за исключением аварийного освещения на путях эвакуации: коридоры, тамбуры, лестничные клетки, а также помещения, оборудованные эвакуационным выходом. Аварийное освещение на путях эвакуации управляется по сигналу от системы ОПС на контакторы KM20-11 АС, установленные в щитах аварийного освещения ЩАО-А0...ЩАО-В4.2. В случае пожара контакторы включаются автоматически. В нормальном режиме

управление контакторами осуществляется выключателем, установленным в комнате охраны. На выключатель и контакторы приходят кабельные линии, учтенные в разделе ПБ.

Предусмотрена установка эвакуационных знаков безопасности постоянного действия [12]:

- над каждым эвакуационным выходом;
- на путях эвакуации, однозначно указывая направления эвакуации.

Управление эвакуационными знаками безопасности осуществляется автоматическими выключателями в щитах аварийного освещения, т.е. в нормальном режиме указатели горят постоянно. В качестве эвакуационных знаков безопасности приняты светильники с внутренней подсветкой ANTARES 4223-4 LED и URAN 6523-4 LED, имеющие встроенный аккумулятор (время автономной работы 3 часа).

Напряжение питающей сети рабочего и аварийного освещения - 220В.  
Напряжение питающей сети ремонтного освещения - 24В.

Для ремонтного освещения предусматривается разделительный трансформатор, на напряжение 24В, установленный в ящике ЯТПР-0,25.

Обслуживание светильников производится с приставных лестниц, стремянок.

Наружное освещение прилегающей территории выполнено светодиодными светильниками уличного исполнения LEADER LED 50 A30 4000К, расположенными на фасаде здания на высоте 6 метров от уровня пола первого этажа, а также светильниками SKYLINE LED 30 DK 4000К и SKYLINE LED 120 DW 4000К, установленными на металлических опорах типа ОПЗ(ф)-5,0 и ОСф-0,4-10 соответственно с кронштейнами «Репин» на высоте 11 метров над спортивными площадками и на высоте 5 метров на остальной территории. Марка питающего кабеля ВВГнг-LSLTx-0,66 3×4(5×4). Управление наружным освещением предусмотрено в автоматическом режиме в зависимости от уровня освещенности на улице и в ручном режиме по месту и дистанционно из комнаты охраны. Металлические опоры заземляются

вертикальным оцинкованным электродом из стали диаметром 18мм длиной 3м, соединенным с опорой при помощи оцинкованной полосовой стали 40×5мм. Электрод и полосовая сталь с покрытием методом горячего цинкования по ГОСТ 9.307-89.

Средняя освещенность в нормальном режиме не менее:

- в коридорах и лестничных клетках 200 лк;
- в сан. узлах и технических помещениях 100 лк;
- в помещениях пребывания детей 400 лк;
- в актовом и спортивных залах 200 лк;
- в помещении бассейна 200 лк.

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

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

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (13)$$

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

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

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [3]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_n \cdot \eta}, \quad (14)$$

где « $N$  - число светильников;

$n$  - число ламп в светильнике;

$\Phi_n$  - световой поток лампы;

$\eta$  - коэффициент использования;

$k$  - коэффициент запаса;

$S$  - площадь помещения» [4].

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

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [3]:

$$P_{n\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{nl}, \quad (15)$$

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

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

$$N_B = \sqrt{N_p \frac{B}{A}}; \quad (16)$$

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

$$N_A = \sqrt{N_p \frac{A}{B}}; \quad (17)$$

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

$$L \geq \frac{A}{N_A}, l = (0,25 - 0,5)L. \quad (18)$$

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

## 1.7 Вопросы энергосбережения

Класс энергосбережения здания по проектным решениям при снижении значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормативного на 11% соответствует классу энергосбережения здания «С+» - нормальный.

При проектировании строительства здания в условиях местности где будет располагаться здание школы в проекте по тепловой защите приняты следующие решения [13]:

- Обеспечение удельной теплозащитной характеристики здания не ниже нормативной за счет применения эффективных утеплителей;
- Применение эффективных по тепловой защите оконных блоков с двухкамерными стеклопакетами и теплоизоляция оконных откосов и мест примыкания оконных переплетов к стенам;
- Применение высокоэффективного утепления ограждающих конструкций (стен, покрытий);
- Сокращение расхода электроэнергии на освещение здания за счет применения светодиодных светильников;
- Для обеспечения энергоэффективного уровня теплопотребления в системах отопления предусмотрены следующие мероприятия:
  - установка термостатов на отопительных приборах для регулирования теплоотдачи в зависимости от температуры воздуха в помещении;
  - установка на всех отопительных приборах, расположенных в квартирах, счетчиков-распределителей фирмы «Danfoss», предназначенных для визуального считывания показаний.
  - все трубопроводы и стояки, расположенные в подвале, изолируются теплоизоляционными трубами FRZ "Термафлекс" толщиной 20 мм.
- Установка приборов учета электрической энергии, тепловой

энергии, холодной и горячей воды.

Принятые в данной работе решения по тепловой защите зданий соответствуют нормативным требованиям:

- температура внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций выше точки росы;
- температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций соответствует нормируемым требованиям.

Выводы по разделу.

Электроприемники школы получают питание от электрощитовой, расположенной на первом этаже здания. В коридорах предусмотрены встраиваемые щиты типа ЩРВ, в которых для защиты отходящих линий устанавливаются автоматические выключатели ВА47-29, для линий к розеткам дифавтоматы АД-32.

Потребители I-ой категории запитываются от шкафа ШАВР с блоком АВР на три ввода электропитания: 2 ввода с разных секций подстанции, 3 ввод от проектируемой дизель-генераторной установки.

Для здания выполнено определение расчетных нагрузок, суммарное значение нагрузки в нормальном режиме – 665 кВт, из них 64 кВт составляет нагрузка первой категории по надежности электроснабжения, к которой относятся лифты, насосная станция внутреннего противопожарного водопровода, противодымная вентиляция, аварийное освещение и ряд других электроприемников.

Компенсация реактивной мощности согласно расчетам не требуется.

В здании принята система заземления «TN-C-S».

В качестве молниезащиты от прямых ударов молнии предусмотрена молниеприемная сварная сетка с шагом ячейки до 10×10 м из арматурной стали диаметром 8 мм, уложенной на кровле здания по верху крыши.

Внутренние электрические сети выполнены кабелем ВВГнг-LSLTx. Сети, питающие электропотребители систем противопожарной защиты, а также

аварийного освещения выполняются огнестойким кабелем ВВГнг-FRLSLTx. Выполнен выбор сечений проводников и номинальных токов защитных аппаратов.

В качестве источников света в помещениях принимаются светодиодные светильники различных типов. Выполнен расчет необходимого количества светильников для каждого помещения. Наружное освещение прилегающей территории выполнено светодиодными светильниками уличного исполнения LEADER LED 50 и SKYLINE LED.

Приведен перечень энергосберегающих мероприятий, планируемых к реализации при строительстве здания, реализация которых позволит обеспечить класс энергосбережения здания «С+» - нормальный. Основным мероприятием в части сбережения электрической энергии на освещение здания является применение светодиодных светильников.

## **2 Определение параметров наружных сетей электроснабжения, дизельной электрической станции и трансформаторной подстанции**

Планируется строительство двух трансформаторной подстанции мощностью 1250кВА на напряжении 10/ 0,4 кВ, кабельных линий 10/ 0,4 кВ и установка дизельной электрической станции для электроснабжения здания школы с бассейном.

Нагрузкой являются - потребители: бытовые и технологические электроприемники, используемые в школе.

Максимальная мощность энергопринимающих устройств: 665,7 кВт из них 601,7 кВт - потребители II категории и 64 кВт - потребители I категории в рабочем режиме.

Точки присоединения:

- ЛЭП-10кВ РУ-10кВ ТП- 5651 (яч.3) - РУ-10кВ ТП-4045 (яч.3) - максимальная мощность 665,7 кВт,
- ЛЭП-10кВ РУ-10кВ ТП- 5651 (яч.8) - РУ-10кВ ТП-4045 (яч.6) - максимальная мощность 665,7 кВт.

Одновременное использование мощности для энергопринимающих устройств по всем точкам присоединения не должно превышать максимальной мощности 665,7 кВт.

Основной источник питания: секция Т-1 и секция Т- 2 РУ- 0,4 кВ вновь построенной (установленной) двухтрансформаторной ТП (РП- 9-1750; ПС 110 кВ).

Резервный источник питания: секция Т- 2 и секция Т-1 РУ- 0,4 кВ вновь построенной (установленной) двухтрансформаторной ТП (РП- 9-1750; ПС 110 кВ).

Резервный источник питания: дизель - генераторная установка мощностью 300 кВт (375 кВА) в блок-контейнерном исполнении.

В шкафу АВР предусмотрена механическая блокировка подачи обратного напряжения в питающую сеть.

К прокладке приняты силовые кабели АВБбШвнг- LS с изоляцией жил из пероксидносшиваемого полиэтилена в броне из двух стальных оцинкованных лент в оболочке из поливинилхлоридного пластика пониженной пожарной опасности на напряжение 0,4кВ.

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

$$I_{\text{дд}} = I_{\text{ном.дд}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (19)$$

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.

Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле [16]:

$$U = I_{\text{расч}} \cdot L \cdot R_{\text{уд}} / S, \quad (20)$$

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

$L$  - длина линии, м;

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

$S$  - сечение провода, мм.

Данные для расчетов и результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты выбора и проверки кабельных линий 0,4 кВ

Номер линии	Направление трассы	Рабочий режим		Длина трассы кабеля (м)	Электрическ. момент (кВт × км)	Марка и сечение кабеля	Допустимый ток (А)	Потери напряжения (U%)	Способ прокладки				Аварийный режим		
		Расчетная мощность (кВт)	Расчетный ток (А)						В траншее (м)	В лотке (м)	В ПНД трубе (м)	В здании (м)	Расчетная мощность (кВт)	Расчетный ток (А)	Потери напряжения (U%)
Н1.1	Прект. ТП РУ-0,4кВ - ВРУ-I, ввод 1	155,6	254,5	179	27,8 5	2×АВБбШВнг-LS-4×240	2×253×1,05×1,1× ×0,9 = 525,98	1,32	-	169	3	7	307	502,1	2,6
Н2.1	Прект. ТП РУ-0,4кВ - ВРУ-I, ввод 2	151,4	247,6	176	26,6 5	2×АВБбШВнг-LS-4×240	2×253×1,05×1,1× ×0,9 = 525,98	1,26	-	166	3	7	307	502,1	2,55
Н1.2	Прект. ТП РУ-0,4кВ - ВРУ-II, ввод 1	146,1	239,0	178	26,0 1	2×АВБбШВнг-LS-4×240	2×253×1,05×1,1× ×0,9 = 525,98	1,23	-	168	3	7	294,7	482,1	2,48
Н2.2	Прект. ТП РУ-0,4кВ - ВРУ-II, ввод 2	148,6	243,1	175	26,0 0	2×АВБбШВнг-LS-4×240	2×253×1,05×1,1× ×0,9 = 525,98	1,23	-	165	3	7	294,7	482,1	2,44
Н1.3	Прект. ТП РУ-0,4кВ - АВР, ввод 1	64,0	98,2	177	11,3 3	2×АВБбШВнг-LS-4×240	2×253×1,05×1,1× ×0,9 = 525,98	0,54	-	167	3	7	236,7	418,9	1,98
Н2.3	Прект. ТП РУ-0,4кВ - АВР, ввод 2	64,0	98,2	174	11,3 3	2×АВБбШВнг-LS-4×240	2×253×1,05×1,1× ×0,9 = 525,98	0,53	-	164	3	7	236,7	418,9	1,95
И1	ДГУ-0,4кВ - АВР, ввод 3	64,0	98,2	113	7,23	2×АВБбШВнг-LS-4×240	2×253×1,05×1,1× ×0,9 = 525,98	0,34	-	103	3	7	236,7	418,9	1,26

Расчетный ток короткого замыкания определяем по формуле [17]:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{0,9 \cdot U_{\phi}}{\frac{Z_m}{3} + Z_n + Z_{пк}}, \quad (21)$$

где « $U_{\phi}$  - фазное напряжение, В;

$Z_T$  - сопротивление обмотки трансформатора в Ом» [5];

$Z_{п}$  - полное сопротивление петли фаза-ноль линии от трансформатора до точки КЗ в Ом;

$Z_{пк}$  - сопротивление переходных контактов в Ом.

Величины  $Z_T$  и  $Z_{пк}$  определяются по табличным данным.

Результаты расчетов однофазного тока КЗ заносим в таблицу 4.

В соответствии с кривой защитных характеристик выбранных защитных аппаратов время автоматического отключения токов короткого замыкания меньше 0,4 сек. По токовым характеристикам условие срабатывания удовлетворяет требованиям ПУЭ. Таким образом условие выполняется, и защита кабельных линий обеспечивается.

Кабели необходимо проложить от вновь построенной ТП по построенному кабельному каналу, из железобетонных кабельных лотков на металлических полках [19].

Каждый фидер электроснабжения школы долже быть проложен на отдельной полке с защитой разделительной перегородкой с пределом огнестойкости 0,25ч из асбестоцементного листа.

Все кабельные линии и ВЛ находящиеся в зоне строительства подлежат выносу, путем прокладки новых участков по новой трассе, взамен существующих. Для этого предусмотрено строительство обходного кабельного канала из железобетонных кабельных лотков с металлическими полками.

Таблица 4 – результаты расчетов однофазных токов короткого замыкания

№ точки	R <sub>T/3</sub>	X <sub>T/3</sub>	R <sub>Л</sub>	X <sub>Л</sub>	R <sub>пр</sub>	R <sub>ф-н</sub>	X <sub>ф-н</sub>	Z <sub>ф-н</sub>	I <sub>окз</sub>	I <sub>ср</sub>	T <sub>ср</sub>
	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	А	А	с
K1.1	1,38	6,90	23,27	13,78	40	64,65	20,69	67,88	3403	3024	T <sub>ср</sub> < 0,4 с
K1.2	1,38	6,90	23,14	13,71	40	64,52	20,61	67,73	3410	3024	T <sub>ср</sub> < 0,4 с
K1.3	1,38	6,90	23,01	13,63	40	64,39	20,53	67,59	3418	3024	T <sub>ср</sub> < 0,4 с
K2.1	1,38	6,90	22,88	13,55	40	64,26	20,46	67,44	3425	3024	T <sub>ср</sub> < 0,4 с
K2.2	1,38	6,90	22,75	13,47	40	64,13	20,38	67,29	3433	3024	T <sub>ср</sub> < 0,4 с
K2.3	1,38	6,90	22,62	13,40	40	64,00	20,30	67,15	3440	3024	T <sub>ср</sub> < 0,4 с
И1	38,48	96,47	14,69	8,70	40	93,17	105,17	140,50	1644	1008	T <sub>ср</sub> < 0,4 с

Кабельные линии 6кВ, имеющие связь с ТП-1203, подключаются на новую (проектируемую) ТП. Все потребители по сети 0,4кВ, запитанные от ТП-1203, подключаются от новой ТП.

Все опоры ВЛ- 0,4 кВ (ВЛ-1) на территории школы демонтируются, ВЛ- 0,4 кВ необходимо заменить на кабельную линию 0,4кВ и проложить по новой трассе.

Кабельный канал обустраивается по следующему принципу.

Лотки укладываются на подушку из местного песчаного грунта и покрываются плитами. Для отвода вод из каналов, днищу лотков придается продольный уклон 0,05% в сторону сброса на пониженные места поверхности земли. В низких местах необходимо предусмотреть отверстия в днище лотков для отвода грунтовых вод [18].

Для обеспечения габаритных расстояний между взаиморезервируемыми кабелями при прокладке, в лотках, предусматривается установка вертикальных разделительных перегородок из асбестоцементных листов, снимаемых при проведении монтажных или ремонтных работ.

Отверстия в лотках (при стыковках) пробивать по месту ( $V=0,3 \text{ м}^3$ ). С торцов проектируемые кабельные лотки забетонировать ( $V=2 \text{ м}^3$ ). Монолитные участки кабельных каналов на углах поворота трассы обмазать битумом два раза. На наклонных участках трассы лотки укладываются на песчано- гравийную смесь.

В кабельном канале необходимо пристрелить стойки с промежутком 1 м для крепления полок.

Заземление кабельных конструкций и стоек разделительных перегородок в лотках, обеспечивается двумя стальными полосами  $5 \times 40 \text{ мм}$ , прокладываемыми по разным стенкам лотков, которые соединяются между собой и подключаются к контуру наружного заземления.

Все монтажные работы производить в соответствии с правилами устройства электроустановок, с соблюдением норм СНиП3.05.06- 85 и в соответствии с заводскими инструкциями по монтажу и эксплуатации

оборудования.

Электромонтажные работы должны выполняться только квалифицированным персоналом в соответствии с действующими нормами и правилами, силами организации, имеющей лицензию на выполнение данного вида работ [20].

## **2.1 Устройство ТП 10/0,4 кВ**

Строящаяся трансформаторная подстанция на напряжении 10/ 0,4 кВ предназначена для электроснабжения здания школы и других электропотребителей переподключенных от ТП-1203.

Трансформаторная подстанция - отдельно стоящее здание, рассчитанное на установку двух трансформаторов мощностью 1250кВА и устройство до 8 кабельных вводов 10кВ с использованием комплектного распределительного устройства серии КСО-366.

### **2.1.1 Схема электрических соединений 10кВ**

Прием и распределение электрической энергии на напряжение 10кВ производится через распределительное устройство (РУ), укомплектованное камерами типа КСО-366.

На напряжение 10кВ принята одинарная, секционированная на две секции разъединителем и секционным выключателем, система сборных шин.

К каждой секции сборных шин присоединены по 2 линии 10кВ и силовой трансформатор 1250кВА. В РУ-10кВ в силовых цепях к установке приняты автогазовые выключатели ВНАл 10-630-20-з-У2 и вакуумные выключатели ВВ/ TEL-10- 20/ 1000- У2 (в цепи трансформатора).

Заземление каждой секции сборных шин предусматривается стационарными заземляющими ножами РВ-10.

### **2.1.2 Схема электрических соединений 0,4кВ**

Прием и распределение электрической энергии на напряжение 0,4кВ производится через распределительное устройство (РУ-0,4 кВ),

укомплектованное серийными панелями типа ЩО-70.

На напряжение 0,4 кВ принята одинарная, секционированная на две секции разъединителями на 2500А, система сборных шин.

Питание каждой из секций шин осуществляется от силовых трансформаторов мощностью 1250кВА каждый, подключенных к щиту 0,4кВ голыми шинами АДЗ1Т через рубильники на ток 3200А. Максимальное количество отходящих линий 0,4кВ равно 24 шт.

Присоединения отходящих линий 0,4кВ к щиту предусматривается через рубильники, предохранители и автоматические выключатели. Сечение сборных шин щита 0,4кВ принято исходя из мощности силового трансформатора 1250кВА с учетом перегрузки до 40% и проверено на термическую и электродинамическую устойчивость при трехфазном коротком замыкании.

### **2.1.3 Измерение и учет электроэнергии**

В ТП предусматривается установка следующих измерительных приборов [21]:

- вольтметров на каждой из секций шин 0,4кВ;
- амперметров на сторонах 0,4кВ силовых трансформаторов на вводных панелях щита 0,4кВ;
- счетчиков технического учета активной и реактивной электрической энергии на сторонах 0,4кВ силовых трансформаторов.

### **2.1.4 Электроосвещение и электросиловая часть**

Питание сети электроосвещения ТП принято от осветительного щитка собственных нужд, который через переключатель может быть присоединен к одному из вводов 0,4кВ силовых трансформаторов. Защита шкафа собственных нужд выполняется через автоматические выключатели, устанавливаемые на внутренней боковой стенке панелей вводов.

В ТП предусматривается рабочее освещение на напряжении 220В и ремонтное освещение на напряжении 12В через понижающий, разделительный безопасный трансформатор 220/12 В.

Освещение выполняется LED светильниками марки ДПО-4002 (рисунок 3).



Рисунок 3 – Внешний вид светильника ДПО-4002

Светильники в РУ-10кВ устанавливаются на крышке клемного корпуса камер КСО- 366, в помещении РУ- 0,4 кВ - на верхнем фасадном обрамлении панелей ЩО-70. В помещениях камер силовых трансформаторов устанавливаются настенные светильники с классом защиты II.

Групповые сети электроосвещения выполнены кабелем марки ВВГнг-LS-0,66 открыто с креплением скобами к стенам и конструкциям.

Выключатели в ТП приняты брызгонепроницаемые, розетки - с уплотненным вводом. Высота установки выключателей - 1,5 м, штепсельных розеток - 0,8м, светильников - 1,8м.

### **2.1.5 Заземление и защита от грозовых перенапряжений**

Заземляющее устройство ТП принято общим на напряжение 10кВ и 0,4кВ. Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4 Ом в любое время года.

В качестве заземляющего устройства должны быть использованы естественные заземлители, а при их отсутствии или недостаточности выполняется искусственное заземляющее устройство в виде контура заземления [22].

Искусственное заземляющее устройство выполняется оцинкованной полосовой сталью 50×5 мм.

Заземляющее устройство в двух точках соединяется с магистралью заземления ТП. Для магистрали заземления используются все опорные металлоконструкции, соединенные электрически между собой в торцах и местах стыков стальной полосой при помощи сварки в целях создания непрерывной электрической цепи.

Заземление камер КСО- 366 в помещении РУ-10кВ и панелей ЩО70 в помещении РУ-0,4 кВ осуществляется приваркой их корпусов к опорным металлоконструкциям.

Защита здания трансформаторной подстанции от прямых ударов молнии выполняется путем заземления всех металлических закладных элементов несущих конструкций кровли. Соединение закладных элементов кровли (молниеприемная сетка – диаметром 10мм) между собой и с контуром заземления осуществляется круглой сталью диаметром 12мм на сварке.

### **2.1.6 Мероприятия по технике безопасности и противопожарной технике**

Мероприятия по технике безопасности предусмотрены в проекте в объеме «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и ПУЭ.

Для предотвращения неправильных операций с оборудованием предусмотрены следующие мероприятия:

- механическая блокировка от ошибочных операций в пределах каждой камеры КСО, выполняется заводом изготовителем;
- запирающие устройства приводов разъединителей и заземляющих ножей висячими замками.

Предусмотрен комплект основных защитных средств по технике безопасности и противопожарной технике.

Дополнительные защитные средства по технике безопасности и противопожарной технике должны быть установлены в ТП в соответствии с

действующими местными инструкциями по технике безопасности и противопожарной технике, согласованной с органами Государственного пожарного надзора.

## **2.2 Проектируемая блок–контейнерная дизель-генераторная установка на 0,4кВ**

Дизель- генераторная установка ДГУ АД300- Т400 мощностью 300кВт (375кВА), устанавливается в контейнере с внешними габаритами 4000×1600×2400мм.

Утепление контейнера позволяет эксплуатацию оборудования в зимнее время года при температуре до -45 °С.

Основные конструктивные решения:

- Толщина утеплителя на полу 100 мм, на боковых стенках и потолке 100 мм.
- Каркас контейнера профильная труба.
- Внешние стены выполнены из листа 4мм. Внутренние стены и потолок выполнены из крашеного оцинкованного профлиста с утеплителем на минеральной основе.
- Пол контейнера покрыт рифлеными листами толщиной 4мм.
- Входная дверь для персонала. Монтаж ДГУ производится через входную дверь.
- Две боковые двери для удобства сервисного обслуживания.
- Кабельный ввод.
- Болты для заземления корпуса контейнера.

В торцевой стенке контейнера для выхода воздуха, продуваемого через радиатор ДГУ, монтируется воздушный клапан с электроприводом.

В боковой стенке контейнера смонтирован приточный воздушный клапан. Устройство и функции воздушного клапана на приток аналогичное вытяжному клапану.

Для питания и управления системами собственных нужд ДГУ в отсеке с системой управления смонтирован щит собственных нужд (ЩСН). Электропитание шкафа при неработающей ДГУ осуществляется от внешнего источника электроэнергии напряжением 220/ 380 В.

Контейнер оборудован системами освещения: аварийного, рабочего и резервного – 220 В. Аварийное освещение обеспечивается одним светильником с люминесцентной лампой от встроенного блока бесперебойного питания. Включение аварийного освещения производится автоматически при пропадании напряжения собственных нужд. Рабочее освещение тремя светильниками на напряжение 220В от ЩСН. Включение рабочего освещения выключателем со степенью защиты IP44, смонтированном у входной двери. Резервное освещение одним светильником на напряжение 220В от ЩСН. Включается автоматически при запуске ДГУ.

Газоход выхлопных газов и глушитель ДГУ смонтированы снаружи контейнера. Для компенсации тепловых расширений и вибраций на газоходе установлен компенсатор (сильфон). Выход газохода выхлопных газов через торцевую стенку контейнера. Теплоизоляция газохода.

### **2.2.1 Заземление и защитные меры безопасности ДГУ**

Металлическая оболочка контейнера изготовлена из металла толщиной 4мм, таким образом, она будет являться молниеприемником и токоотводом. Контейнер в 2-х местах соединяется при помощи электросварки с контуром заземления сталью полосовой 50×5мм. Контур заземления молниезащиты и заземление электроустановки совмещены, таким образом устройство для выравнивания потенциалов не требуется.

Контур заземления прокладывается по периметру ДГУ на расстоянии от стенки контейнера 0,5 м на глубине 0,7м, стальной полосой 50×5мм оцинкованной по ГОСТ 9.307- 89. Вертикальные заземлители соединяются с контуром электросваркой.

Внутреннее пространство контейнерной установки является В-Ia зоной по взрывобезопасности, согласно ПУЭ п.п.7.3.41. Таким образом, категория

молниезащиты - II, согласно РД 34.21.122-87 таблица 1 и СО-153- 34.21.122-2003.

### **2.2.2 Противопожарная безопасность ДГУ**

Контейнер ДГУ оборудован системой пожарно–охранной сигнализации и пожаротушения. В состав системы входят:

- прибор пожарно- охранной сигнализации;
- извещатели пожарные тепловые;
- извещатель пожарный ручной;
- извещатель охранный магнитно- контактный;
- оповещатель (сирена) звуковой;
- оповещатели световые;
- модуль порошкового пожаротушения;
- ручной углекислотный огнетушитель.

При срабатывании сигнализации «на проникновение» поступает сигнал на оповещатель звуковой (сирену).

При срабатывании сигнализации «на пожар» поступает сигнал на отключение автоматического выключателя генератора и останов ДГУ. После остановки ДГУ автоматически закрываются воздушные клапана и идет команда на срабатывание модулей порошкового пожаротушения. Удаленный контроль и сигнализация может быть осуществлена при помощи «сухих контактов» и через SMS- оповещение

Выводы по разделу.

Для электроснабжения здания школы планируется строительство двух трансформаторной подстанции мощностью 1250кВА на напряжении 10/ 0,4 кВ, кабельных линий 10/ 0,4 кВ и установка дизельной электрической станции на 300 кВт.

К прокладке приняты силовые кабели АВБбШвнг- LS на 0,4 кВ с изоляцией жил из сшитого полиэтилена в броне из двух стальных лент.

Все кабели были выбраны по длительно допустимым токам и проверены по потерям напряжения. Определены значения однофазного тока КЗ и

проверены автоматические выключатели.

РУ 10 кВ подстанции оснащается камерами КСО-366 с установленными автогазовыми выключателями ВНАл 10-630 и вакуумными выключателями ВВ/TEL-10/1000.

РУ 0,4 кВ укомплектовано серийными панелями типа ЩО-70. Сечение сборных шин щита 0,4кВ принято исходя из мощности силового трансформатора 1250кВА с учетом перегрузки до 40% и проверено на термическую и электродинамическую устойчивость при трехфазном коротком замыкании.

Для питания электроприемников первой категории выбрана дизель-генераторная установка ДГУ АД300-Т400 мощностью 300кВт, устанавливаемая в контейнере.

## Заключение

Цель бакалаврской работы заключалась в проектировании энергоэффективной системы электроснабжения здания школы.

Электроприемники школы получают питание от электрощитовой, расположенной на первом этаже здания. В коридорах предусмотрены встраиваемые щиты типа ЩРВ, в которых для защиты отходящих линий устанавливаются автоматические выключатели ВА47-29, для линий к розеткам дифавтоматы АД-32.

Потребители I-ой категории запитываются от шкафа ШАВР с блоком АВР на три ввода электропитания: 2 ввода с разных секций подстанции, 3 ввод от проектируемой дизель-генераторной установки.

Для здания выполнено определение расчетных нагрузок, суммарное значение нагрузки в нормальном режиме – 665 кВт, из них 64 кВт составляет нагрузка первой категории по надежности электроснабжения, к которой относятся лифты, насосная станция внутреннего противопожарного водопровода, противодымная вентиляция, аварийное освещение и ряд других электроприемников.

Компенсация реактивной мощности согласно расчетам не требуется.

В здании принята система заземления «TN-C-S».

В качестве молниезащиты от прямых ударов молнии предусмотрена молниеприемная сварная сетка с шагом ячейки до 10×10 м из арматурной стали диаметром 8 мм, уложенной на кровле здания по верху крыши.

Внутренние электрические сети выполнены кабелем ВВГнг-LSLTx. Сети, питающие электропотребители систем противопожарной защиты, а также аварийного освещения выполняются огнестойким кабелем ВВГнг-FRLSLTx. Выполнен выбор сечений проводников и номинальных токов защитных аппаратов.

В качестве источников света в помещениях принимаются светодиодные светильники различных типов. Выполнен расчет необходимого количества

светильников для каждого помещения. Наружное освещение прилегающей территории выполнено светодиодными светильниками уличного исполнения LEADER LED 50 и SKYLINE LED.

Приведен перечень энергосберегающих мероприятий, планируемых к реализации при строительстве здания, реализация которых позволит обеспечить класс энергосбережения здания «С+» - нормальный. Основным мероприятием в части сбережения электрической энергии на освещение здания является применение светодиодных светильников.

Для электроснабжения здания школы планируется строительство двух трансформаторной подстанции мощностью 1250кВА на напряжении 10/ 0,4 кВ, кабельных линий 10/ 0,4 кВ и установка дизельной электрической станции на 300 кВт.

К прокладке приняты силовые кабели АВББШвнг- LS на 0,4 кВ с изоляцией жил из сшитого полиэтилена в броне из двух стальных лент.

Все кабели были выбраны по длительно допустимым токам и проверены по потерям напряжения. Определены значения однофазного тока КЗ и проверены автоматические выключатели.

РУ 10 кВ подстанции оснащается камерами КСО-366 с установленными автогазовыми выключателями ВНАл 10-630 и вакуумными выключателями ВВ/TEL-10/1000.

РУ 0,4 кВ укомплектовано серийными панелями типа ЩО-70. Сечение сборных шин щита 0,4кВ принято исходя из мощности силового трансформатора 1250кВА с учетом перегрузки до 40% и проверено на термическую и электродинамическую устойчивость при трехфазном коротком замыкании.

Для питания электроприемников первой категории выбрана дизель-генераторная установка ДГУ АД300- Т400 мощностью 300кВт, устанавливаемая в контейнере.

## Список используемой литературы

1. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: электронное учеб.-метод. пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. – 1 оптический диск.
2. 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 19.01.2023).
3. 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 15.02.2023).
4. 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](http://docs.cntd.ru/document/1200107497) (дата обращения 18.12.2022).
5. Киреева Э.А., Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2015. 368с.
6. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 23.01.2023).
7. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 05.12.2022).
8. Рожин А.Н., Бакшаева Н.С. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. 258с.

9. Синенко Л.С., Электроснабжение. Версия 1.0. [Электронный ресурс]: учеб. пособие к практ. занятиям. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/122353214> (дата обращения 18.02.2023).
10. 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 15.01.2023).
11. 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 17.02.2023).
12. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]: Свод правил по проектированию и строительству от 01.01.2004. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения 17.12.2022).
13. 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](http://docs.cntd.ru/document/1200084087) (дата обращения 08.01.2023).
14. 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 19.01.2023).
15. 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 14.12.2022).
16. 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 17.02.2023).

17. Шевченко Н.Ю., Бахтиаров К.Н. Проектирование системы электроснабжения цеха: учеб. пособие по выполнению курсового проекта. Волгоград: ИУНЛ ВолГТУ, 2015. 105с.
18. Ihan Tarimer, Boleslav Kuca The proposition to Safety of a lightning protection system for hight Structures // TEM Journal. 2017. № 2(4). С. 309-313.
19. Octavian Mihai Machidon, Radu Constantin Andrei, Carmen Gerigan Smart circuit breaker communication infrastructure // TEM Journal. 2017. № 6(4). С. 855-861.
20. Pas Jacek Selected Methods for increases reliability the of electronic system security // Journal of KONBiN. 2015. № 35(1). С. 147-156.
21. Sajad Samadinasab, Farhad Namdari, Mohammed Bakhshipoor A novel approach for earthling system design using finite element method // Journal of Intelligent Procedures in electrical technology. 2017. №8(29). С. 54-63.
22. Sanober Hassan Khattak, Michael Oates, Rick Greenough Towards improved energy and recourse management in manufacturing // Energies. 2018. № 11(4). С. 1-15.